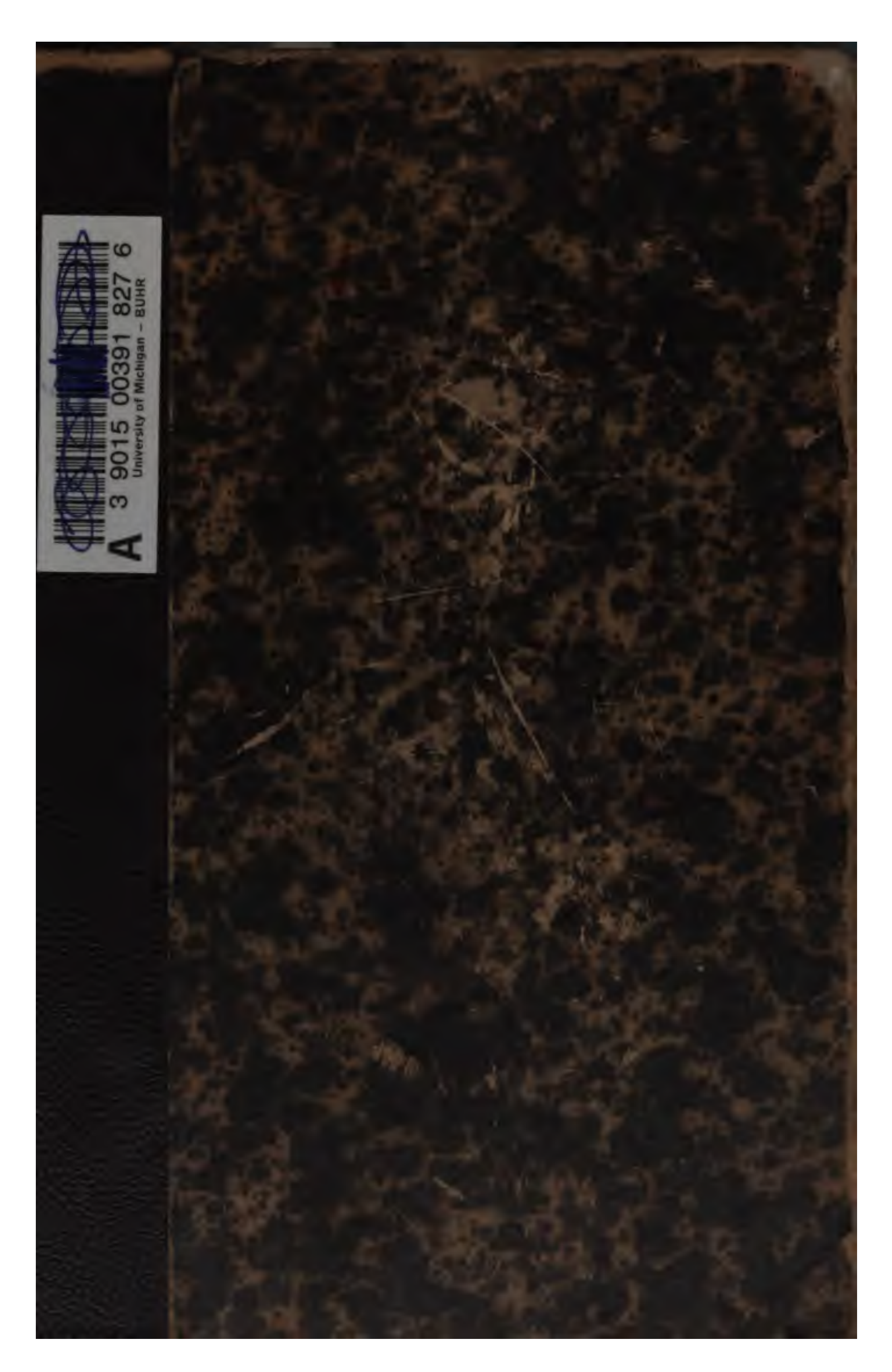
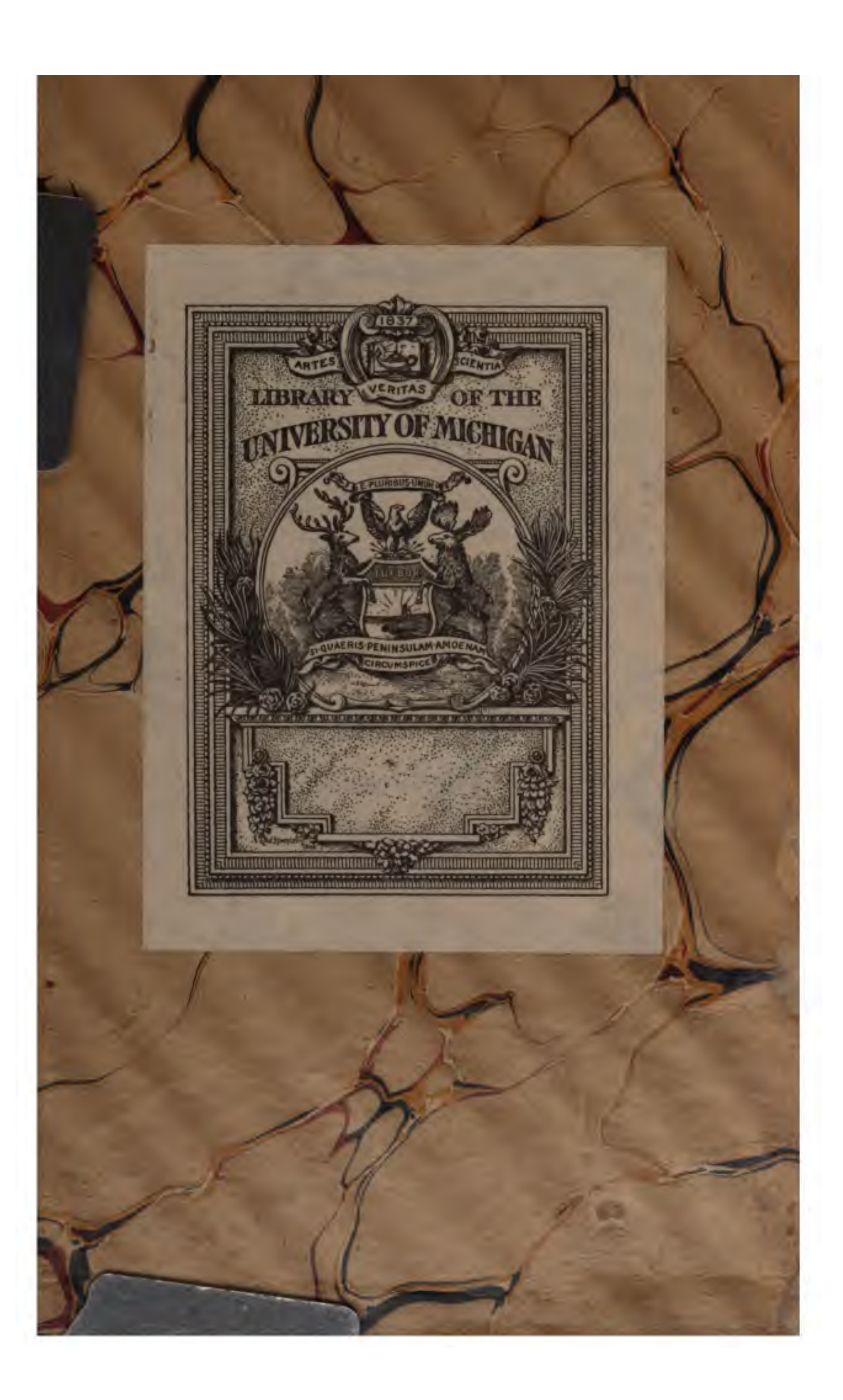
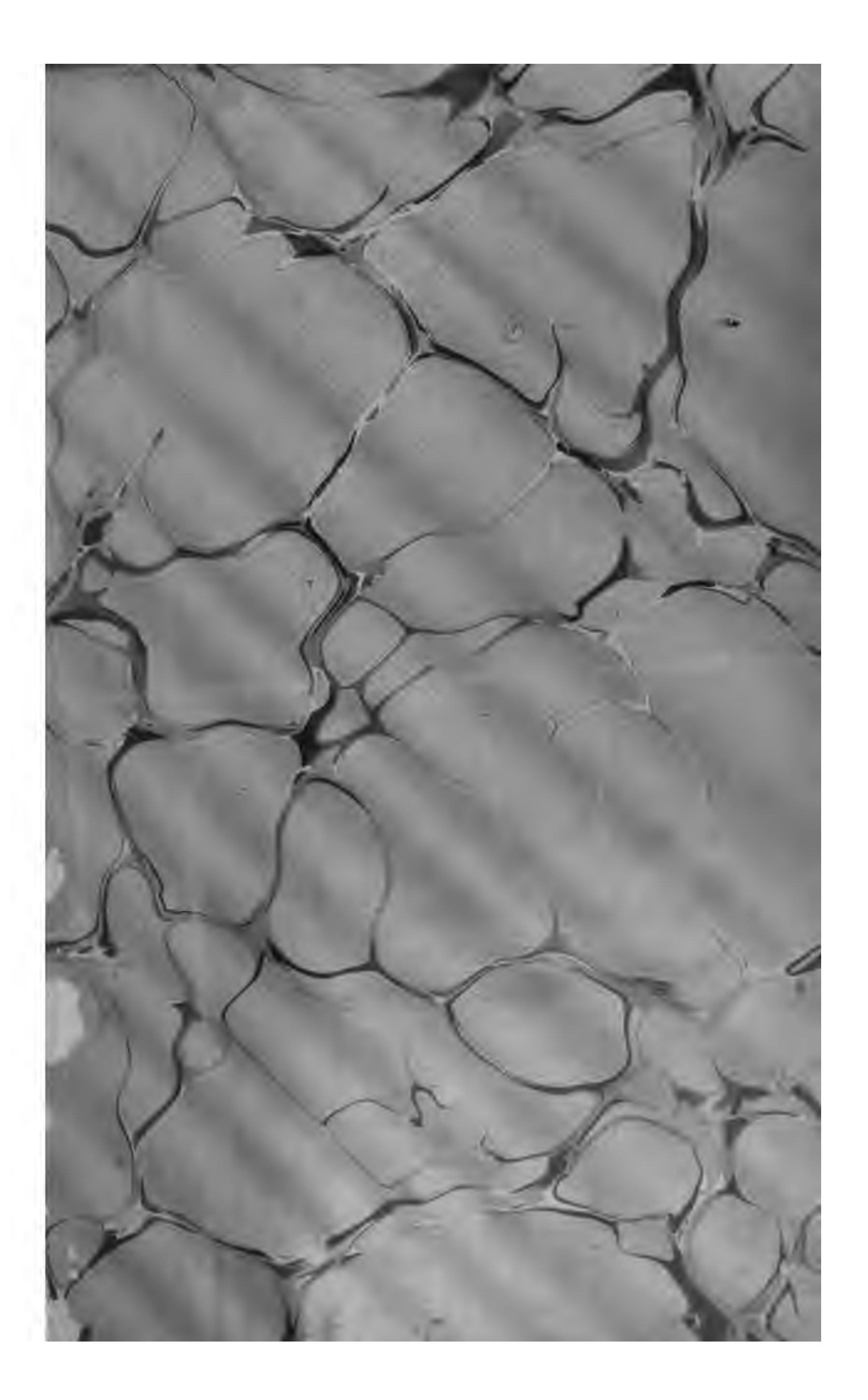

A 3 9015 00391 827 6
University of Michigan – BUHR


1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE



BIBLIOTHÈQUE INTERNATIONALE
DE PSYCHOLOGIE EXPÉRIMENTALE
NORMALE ET PATHOLOGIQUE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION

Du Dr TOULOUSE
Médecin en chef de l'Asile de Villejuif,
Directeur du Laboratoire de Psychologie expérimentale
à l'École des Hautes Études.

Secrétaire : N. VASCHIDE

LA VISION

ERRATUM

A la page 149, p. 15-19, modifier comme suit le passage commençant par les mots Si nous avons insisté, etc.

Si nous avons insisté longuement sur le caractère héliotropique de certaines photo-réactions somatiques, c'est à cause de l'importance extrême, fondamentale, de la question de la projection radiaire. — Ajoutons que les véritables tango-réactions sont le plus souvent, si pas toujours, des réflexes d'attaque, bien à distinguer des réflexes de défense, par exemple du réflexe de retrait d'une extrémité, à la suite d'une excitation excessive de la peau. Certaines formes élémentaires du photo-réflexe, etc.

LA VISION

PAR

LE Dr J.-P. NUEL
Professeur d'ophtalmologie et de physiologie des organes des sens
à l'Université de Liège.

AVEC 22 FIGURES DANS LE TEXTE

PARIS
OCTAVE DOIN, ÉDITEUR
8, PLACE DE L'ODÉON, 8

1904

LA VISION

« Décrire les phénomènes visuels, en tant qu'ils donnent lieu à des considérations psychologiques », telle est la tâche qui nous a été donnée. — Mais à ce titre, toute la physiologie visuelle y passerait,.car sauf le chapitre de la marche des rayons lumineux dans les milieux transparents de l'œil, toute la physiologie actuelle de la vision est pénétrée de psychologie : on ne parle que de sensations visuelles, de jugements visuels basés sur des sensations visuelles, de mouvements visuels excités par des sensations visuelles, etc., etc.

Une réaction contre le psychologisme en physiologie des organes des sens est en train de se produire, et les signès révélateurs de cette tendance surgissent de toutes parts. Il existe une vraie physiologie du mouvement, de la sécrétion, c'est-à-dire une physiologie n'invoquant aucun facteur fourni par l'introspection. N'y a-t-il pas moyen d'envisager de même la « vision », ou au moins certains chapitres de la vision qui continuent à être pénétrés de psychologisme ? Si oui, il est évident que la *Bibliothèque internationale de psychologie expérimentale* doit consi-

gner la chose. — Partisan d'une tendance plus physiologique en physiologie des organes des sens, nous saisissons l'occasion pour montrer jusqu'où l'on peut dès aujourd'hui aller dans cette direction.

De par cette tendance générale de notre travail, nous avons été amené à donner une certaine étendue à la physiologie comparée de la vision. Plus d'un auteur a posé en principe qu'en saine physiologie, les fonctions visuelles des animaux au moins doivent être envisagées sans le secours de l'appareil psychologique, sans invoquer des sensations, des volitions, etc. ; mais à notre connaissance, on n'a jamais tenté d'appliquer ce principe dans toute son étendue. A ce point de vue seul, on voudra bien reconnaître à notre travail une certaine originalité. — Il nous a semblé qu'on pouvait aller plus loin dans cette direction, et empiéter sur le terrain de la physiologie humaine. Nous espérons montrer qu'on peut envisager la vision corporelle, objective, sans le secours d'aucune notion psychologique. Et ici nous croyons pouvoir revendiquer un incontestable droit de priorité ; les auteurs les plus « radicaux » se sont crus obligés à appliquer leurs principes à la seule vision des animaux.

PREMIÈRE PARTIE

LA VISION CHEZ LES ANIMAUX

> Pour le biologiste, il ne saurait y avoir de psychologie animale.
>
> (UEXKÜLL).

INTRODUCTION.

1. **Des sensations visuelles chez les animaux.** — Qui voudrait refuser aux animaux supérieurs toutes sensations, et spécialement les sensations visuelles ? — Le singe possède un organe visuel constitué jusque dans les petits détails sur le plan de celui de l'homme. D'autre part, sous l'influence de la lumière, il se comporte en somme de la même façon que l'homme. Celui qui contesterait que chez le chimpanzé par exemple, l'excitation de la rétine par la lumière, produise les mêmes effets que chez l'homme, y compris les sensations visuelles, au degré près, nous le voulons bien, ferait étalage d'un « orgueil spiritualiste » qui n'est plus guère partagé par aucun naturaliste. — Et ce qui est vrai de l'homme au singe supérieur l'est du singe supérieur au singe inférieur, puis de ce dernier à un échelon encore moins élevé de l'échelle animale.

Mais en continuant de cette manière, on en arrive fatalement à attribuer en principe aux plus infimes représentants de la série animale, à un polype, à un infusoire, toutes les manifestations que la lumière provoque chez l'homme, y compris des sensations lumineuses, de couleur, puis des jugements basés sur les sensations visuelles, voire même les sentiments esthétiques (de plaisir, de déplaisir, etc.), éveillés chez nous par la vue d'un paysage ; c'est-à-dire qu'on leur attribue toutes les qualités psychiques humaines[1].

Mais essayons du même raisonnement en parcourant la série animale en sens inverse. Nous verrons que tout nous convie à refuser des sensations lumineuses aux animaux inférieurs, aux Protozoaires, aux Polypes. Or, du polype à la méduse il n'y a pas de saut véritable dans l'organisation ; on ne comprendrait pas qu'on attribuât à celle-ci les sensations lumineuses qu'on refuse au premier. Et en continuant de la sorte, en remontant à travers la complication graduellement grandissante des animaux, on arriverait à refuser les sensations visuelles à tous les animaux, y compris le singe.

Notre raisonnement, prenant deux points de départ solides, incontestables, nous conduit donc à deux déductions contradictoires, également absurdes. Il est donc fautif. — Effectivement, dans l'un et l'autre

1. Une fois engagé dans cette voie, on a bien dû aller « jusqu'au bout » : Certains biologistes (Wundt, Nägeli, Haeckel, Hartmann, etc.) mettent sur le compte de facteurs psychiques (plaisir, déplaisir, etc.), les mouvements des plantes, et même les mouvements de la matière non organisée (de la matière en soi) étudiés en chimie et en physique.

cas, nous nous servons d'un raisonnement par analogie. Or, un axiome scientifique dit qu'en sciences naturelles surtout, le raisonnement par analogie ne saurait nous conduire à la certitude. Il nous mène à formuler des suppositions, des hypothèses plus ou moins plausibles, mais qui pour passer à l'état de choses démontrées doivent être soumises à la pierre de touche de l'expérimentation. Par exemple, trouvant chez un animal un organe qui d'après certaines analogies pourrait bien être un muscle, nous n'admettrons définitivement sa contractilité qu'après l'avoir mise en évidence par les excitants connus.

Toutes nos expériences sont instituées pour contrôler par nos organes des sens externes si les conséquences impliquées dans nos hypothèses, dans nos déductions et dans nos inductions, se vérifient ou non. Mais nos organes des sens externes ne sont d'aucun secours pour contrôler le bien fondé de nos hypothèses touchant des états de conscience. C'est le *sens intime* et non les sens externes, qui nous dit s'il y a des sensations lumineuses ou non. Or, déjà dans l'espèce humaine le sens intime est de nature à nous induire en erreur. Mon sens intime à moi me révèle chez moi des sensations lumineuses (blanches, rouges, bleues, etc.), et je conclus par analogie que tous les hommes éprouvent les mêmes sensations lumineuses. — Il est vrai que nous devons raisonnablement attribuer à notre semblable un sens intime analogue au nôtre. Mais le fait est que les données qu'il lui fournit ne sont valables que pour lui. — Les philosophes (Spinoza, etc.) avaient reconnu depuis longtemps que les renseignements fournis par le sens intime ne

sont valables que pour chacun individuellement. Néanmoins l'identité des sensations visuelles chez tous les hommes était généralement admise jusqu'en 1831, époque à laquelle DALTON prouva que ses sensations chromatiques à lui différaient de celles de la généralité des hommes. L'éveil étant donné, on ne tarda pas à reconnaître que 3 pour 100 des hommes sont dans le même cas que DALTON, que le système de leurs sensations visuelles est dichromatique seulement, au lieu d'être polychromatique. On a même découvert que certaines gens (dites « achromatopes ») n'ont aucune sensation chromatique, ou plutôt qu'ils n'en ont qu'une seule. — Ainsi donc déjà chez l'homme, les données du sens intime ne peuvent être acceptées qu'avec la plus grande circonspection lorsqu'il s'agit de fixer le nombre des sensations lumineuses. Que sera-ce donc des animaux, dont le sens intime éventuel est pour nous un livre absolument fermé?

En supposant que les animaux disposent d'un sens intime, nous devons admettre que son développement est plus ou moins en rapport avec celui de l'organe qui chez nous provoque les faits de conscience. Mais alors, nous sommes acculés au raisonnement par les dissemblances, qui est tout aussi légitime que celui par analogie. L'écorce cérébrale dite visuelle, dont le fonctionnement est chez l'homme accompagné de sensations lumineuses, est déjà chez le singe, et surtout chez le chat et le chien, autrement conformée que chez l'homme. Chez le lapin, c'est tout au plus si une petite partie de cette écorce est affectée aux fonctions visuelles. Chez les poissons, il n'y a plus guère d'écorce cérébrale du tout. Que dire enfin du système nerveux

d'une fourmi ou d'une abeille? Toute analogie avec le cerveau de l'homme a disparu, sinon que toujours il y a des neurones. Or, il est bien prouvé que le neurone en lui-même n'est pas *sensible,* si par « sensible » on entend la faculté d'éprouver des sensations. Le neurone n'est ni sensible ni moteur ; il est encore moins visuel, auditif ou gustatif.

Ajoutons toutefois que pas plus que le raisonnement par analogie, celui basé sur les dissemblances ne saurait nous mener à la certitude. Et surtout ni l'un ni l'autre ne pourrait servir à fixer l'échelon de la série animale chez lequel apparaissent les sensations visuelles.

II. **Tendances anthropomorphisante et psychologante en biologie comparée.** — D'un bout à l'autre de la physiologie des organes des sens, et spécialement dans la partie qui s'occupe de la vision, on a eu de tout temps une tendance marquée à attribuer à l'animal toutes les particularités que nous connaissons chez l'homme. C'est ainsi que dans les organes visuels des animaux inférieurs, n'ayant aucune homologie anatomique avec celui de l'homme, on s'est évertué à trouver un cristallin, un corps vitré, une choroïde, etc., et une fois le nom appliqué à la chose, x on eut tôt fait de conclure de l'identité de nom à l'identité de la fonction.x Ainsi a-t-on pu méconnaître longtemps la nature de certaines cellules excitables par la lumière, parce qu'on croyait y voir une certaine analogie avec le cristallin. Ainsi en est-il de mille exemples.

Cette tendance « anthropomorphisante » est encore

plus marquée dans le domaine des faits visuels psychiques. On attribue à la sangsue, à la moule, des représentations psychiques et visuelles des objets, une acuité visuelle, la vision des formes, etc. — Le raisonnement courant est le suivant. Tel animal réagit, se comporte sous l'influence de la lumière plus ou moins comme l'homme. Donc la lumière provoque chez lui les mêmes effets que dans l'espèce humaine, y compris des sensations lumineuses. Et pour peu qu'il réagisse différemment à des lumières colorées différemment pour nous, on n'hésite pas à lui attribuer des sensations chromatiques identiques aux nôtres.

En ce qui regarde les mouvements provoqués ainsi chez l'animal, leur existence est constatée par nos organes des sens (externes) ; aucun doute ne peut exister quant à leur réalité. Quant aux sensations visuelles, c'est tout autre chose, comme nous venons de le voir. Qui nous dira jamais ce qu'éprouve un ver de terre, une limace, etc., réagissant à la lumière ?

Notre sens intime nous renseigne aussi la « volonté » comme excitateur des réactions à la lumière, c'est-à-dire comme excitateur des mouvements visuels. Les psychologistes d'autre part nous expliquent que la volition serait basée sur les sensations, à peu près comme la construction d'un édifice repose sur les propriétés des pierres qui y entrent. Ils développent encore que le plus souvent la volonté résulte des sentiments de plaisir et de déplaisir qu'éveillent chez nous nos sensations, etc.

Qu'à cela ne tienne ! Attribuons donc à la moule toutes les qualités psychiques (sensations, senti-

ments, jugement, volonté, etc.) que notre sens intime nous révèle chez nous. La tendance anthropomorphisante devient alors une tendance « psychologante » ou plutôt « spiritualisante », qui conduit à des erreurs tout aussi manifestes. Des Protozoaires et des Cœlentérés, un ver de terre, réagissent à la lumière dans des conditions qui provoquent également des mouvements chez les animaux supérieurs et chez l'homme. Or, les Protozoaires n'ont pas même de système nerveux, et celui des Cœlentérés est fort discuté. Évidemment, supposer chez eux les qualités psychiques, la volonté, etc., qui chez nous accompagnent le fonctionnement d'un système nerveux très compliqué, c'est quitter absolument le terrain de la physiologie, c'est se lancer dans les spéculations de psychologie introspective, ou plutôt métaphysiques, où nous, physiologistes, nous refusons absolument de nous engager. Nous quitterions ainsi le terrain des sciences positives, qui est le nôtre.

Un coup d'œil jeté sur les publications biologiques fera voir la désinvolture phénoménale avec laquelle les auteurs les plus appréciés admettent chez les animaux toutes les qualités psychiques humaines, sur la foi d'observations qui, au fond, dénotent tout simplement que la lumière provoque chez eux des mouvements, et rien de plus. C'est ainsi qu'une abeille « affectionne » telle couleur, la « préfère » à une autre ; elle a du « plaisir » à la vue d'une fleur; un ver de terre ou même son seul segment caudal est « effrayé » par la lumière, la « fuit »; un protozoaire « veut » aller « reconnaître » un objet lumineux, etc., etc. Nous trouverons couramment chez

les auteurs les expressions d'animaux « leucophiles » et « leucophobes » (lucifuges) « aimant » ou « détestant » la clarté, et agissant en conséquence de ces « sentiments ». Cette mise en branle de toute la terminologie de la psychologie spiritualiste, à propos des animaux inférieurs, rappelle absolument qu'avant Gallilei les corps tombants « cherchaient leur lieu » et que « la nature avait horreur du vide ».

Certes, plus d'un auteur est conscient de la portée réelle de ces expressions. On nous répondra que le plus souvent l'écrivain entend dire que les animaux se comportent en présence de la lumière *comme s'ils éprouvaient* des sensations « lumineuses », comme s'ils « voyaient » (Le mot « voir » supposant généralement une distinction visuelle et une représentation visuelle et psychique des objets). Que par conséquent nous combattons des moulins à vent, et que c'est ridicule à nous de nous poser en censeur. — Nous verrons que pas mal d'auteurs réputés se placent franchement sur le terrain psychologant. D'autres, et des meilleurs, commencent par poser les principes logiques, déclarent qu'en employant une expression spiritualiste, ils font la restriction mentale nécessaire. Mais une page plus loin nous les prenons en flagrant délit ; ils se sont fait prendre eux-mêmes à l'impropriété des termes employés par eux. Il en est de cela comme de la fréquentation de la mauvaise société : les meilleurs se laissent entamer. — Non seulement cette manière anthropomorphisante de parler est de nature à induire en erreur le lecteur, les auteurs eux-mêmes finissent par être pris au mirage de leurs propres paroles.

Le plus souvent, l'esprit critique des auteurs ne va pas aussi loin. Ils commencent par admettre, comme un axiome, l'existence de sensations chez un animal, et à envisager les mouvements observés chez lui comme incités par ces sensations, c'est-à-dire qu'ils partent de deux suppositions gratuites, ainsi que nous le verrons à satiété dans la suite. C'est ainsi que LUBBOCK, pour ne citer qu'un exemple, voyant les abeilles réagir différemment à des lumières colorées différemment (pour nous), conclut que « des observations démontrent clairement que les abeilles possèdent la faculté de distinguer les couleurs[1] ». Et cependant, les faits observés s'expliqueraient tout aussi bien par une simple différence d'intensité d'une seule sensation lumineuse. Mais nous verrons que même cette unique sensation lumineuse n'est pas démontrée chez l'abeille par les expériences des auteurs. — Le même auteur, voyant les fourmis réagir aux rayons ultra-violets, conclut comme suit : « Il est donc pro-« bable que les rayons ultra-violets produisent chez « les fourmis la sensation d'une couleur distincte, « aussi différente (pour la fourmi) que le vert diffère « (pour nous) du rouge. » Il se demande même « si « la lumière blanche de ces insectes ne diffère pas « de notre blanc, puisqu'elle contient (pour la « fourmi) une couleur de plus[2] ».

A la base de ces raisonnements erronés, mais généralement admis en biologie comparée, se trouve

1. LUBBOCK. *Les fourmis, les abeilles, etc.*, t. II, p. 60, 1883.

2. *Ibidem*, p. 181.

une autre erreur, tout aussi fondamentale, et qui consiste à admettre que chez l'homme, au moins, les mouvements visuels, ou les réactions motrices à la lumière, sont provoqués, soit par les sensations lumineuses elles-mêmes, soit par d'autres états psychiques (représentation psychique, plaisir, déplaisir, volonté, etc.), qui, au dire des psychologistes, dérivent des sensations. D'après les idées courantes, les mouvements qui, chez l'homme, doivent être envisagés comme excités par la lumière seraient à peu près tous dans ce cas (voir, plus loin, vision chez l'homme), sauf peut-être le réflexe pupillaire (contraction de la pupille sous l'influence de l'éclairement de la rétine), qui pour tout le monde est un réflexe pur, un mouvement obligé, au même titre que cette même pupillo-contraction survenant dans l'œil excisé d'une anguille.

C'est ainsi que si un corps lumineux apparaît dans la périphérie du champ visuel, nous y dirigeons le regard, parce que, dit-on, nous « voulons » le fixer; et cette volonté résulterait du désir de voir nettement; la volonté serait la cause originelle du mouvement. — Dans certaines circonstances, l'éclairement des deux rétines par un seul et même objet provoque un mouvement de convergence, incité, dit-on, par la « répulsion » contre la diplopie. Dans l'un et l'autre de ces deux cas, le mouvement visuel serait incité, non par un processus physiologique, mais par un état psychique, et un état psychique entendu dans le sens spiritualiste, c'est-à-dire révélé par l'introspection. — Il n'en est rien cependant. Nous verrons qu'il n'y a pas de différence fondamentale, de principe, entre un mou-

vement visuel du corps ou de l'œil d'une part, et le réflexe rétino-pupillaire d'autre part. Nous verrons de plus que les mouvements visuels en apparence les plus « volontaires » doivent être envisagés comme des conséquences de processus physiologiques, c'est-à-dire physiques, et non comme étant incités par des états de conscience. Il est vrai que ces processus physiologiques sont, chez l'homme au moins, accompagnés de phénomènes de conscience, de sensations lumineuses, etc. Mais ces sensations ne sont pas la cause excitatrice des mouvements observés. Ceux-ci résultent de processus nerveux (c'est-à-dire physiques), dont la sensation est un *épiphénomène psychique* (MAUDSLEY, HUXLEY) un peu comme l'ombre accompagne le corps (voir, plus loin, vision chez l'homme).

III. **Pauvreté de notre terminologie en biologie comparée.** — En grande partie, la cause des errements signalés dans ce qui précède réside dans la nécessité qui nous force à employer pour les animaux une terminologie créée pour un être organisé tout autrement, c'est-à-dire pour l'homme. Déjà chez l'homme, cette terminologie, conçue à un point de vue « spiritualiste », est de nature à masquer à notre intelligence les processus physiologiques. Forcés de nous en servir en biologie comparée, nous aboutissons trop souvent à la confusion absolue.

Le daltonien lui aussi est obligé d'employer une terminologie chromatique forgée pour un système de sensations chromatiques autre que le sien, qui n'est que dichromatique. Il est donc amené à appliquer

les appellations de couleurs à des qualités visuelles qui n'ont rien à voir avec les couleurs, c'est-à-dire à de simples différences d'intensité. Ainsi faisant, il nous masque à nous, voyants normaux, le système de ses sensations chromatiques, et de plus, il est amené à ne pas voir clair dans ses propres sensations.

Chaque fois que nous dissertons sur la psychologie des animaux, *in specie* sur leurs « sensations » visuelles, leurs « jugements » et « représentations » visuels, nous sommes encore bien plus mal lotis que le daltonien ; nous sommes comme l'aveugle parlant des couleurs.

IV. **Nouvelle école en biologie comparée.** — En présence de ces difficultés, une nouvelle tendance, une nouvelle école, si on veut, est en train de se constituer, sous les auspices de Loeb[1], Bethe[2], Uexküll[3], Th. Beer[4], Ziegler[5]. Le Dantec[6] a dernièrement exposé dans ses principes généraux la légitimité de cet effort, dont l'objectif est de réagir contre la tendance qui suppose partout aux actions des animaux des motifs psychologiques, identiques à ceux

1. Loeb. *Der Heliotropismus d. Thiere*. Würzburg, 1890.
2. Bethe. Die Psyche d. Bienen u. Ameisen, in *Arch. de Pflüger*, t. LXX, 1898 et t. LXXIX, 1900.
3. Uexküll. De l'âme animale, in *Biol. Centralbl.*, 1900, XX, p. 497.
4. Th. Beer. Des organes visuels primitifs, in *Wien. klin. Wochenschr.*, 1901, n°s 11, 12 et 13.
5. Ziegler. Psychologie animale, in *Biol. Centralbl.*, 1900.
6. Le Dantec. La matière vivante, in *Encyclop. sc. des aide-mémoire*. Paris (sans date).

qu'un esprit non familiarisé avec l'analyse physique et physiologique suppose à nos actions à nous, hommes.

Les données éventuelles du sens intime des animaux étant non existantes pour nous, la psychologie pure, introspective, appliquée à l'animal, ne pourrait être qu'un assemblage difforme de suppositions plus ou moins arbitraires. Nous n'arriverons jamais à prouver par les méthodes de la science positive — les seules qui soient applicables à la biologie comparée — qu'un animal éprouve des sensations colorées de telle ou de telle espèce, ni même des sensations en général. Dès que nous discutons des phénomènes internes, nous quittons le terrain de l'observation externe, et nous passons sur celui de l'observation interne, de la psychologie pure, interne. C'est ce que nous faisons si nous admettons des sensations chez l'animal. Nous ne saurons jamais si une fourmi, une limace éprouve des sensations. Et d'autre part que gagnons-nous en affirmant la chose? Dire qu'une mouche « recherche » la lumière est au fond synonyme de dire que la lumière excite chez elle des mouvements qui la portent vers la source lumineuse. La première forme de cette proposition, la subjective, nous est plus habituelle que la seconde, la forme objective. De plus, elle est plus brève. Mais elle est susceptible de nous induire en erreur, en ce sens qu'elle affirme quelque chose d'une « âme », de « sensations », d'une « volonté » chez la mouche. Les astronomes peuvent aujourd'hui parler sans danger de la marche diurne des étoiles fixes et du soleil; personne ne s'y trompera, et ils évitent

ainsi des longueurs de phrases. La physiologie des organes des sens est trop peu avancée pour qu'on puisse s'y permettre sans danger l'emploi d'expressions impropres.

L'hypothèse de l'âme des animaux, impliquée dans celle de leurs sensations [1], ne peut en rien avancer nos connaissances ; mais elle donne lieu à des confusions. La tendance à supposer gratuitement aux mouvements des animaux des mobiles analogues à ceux que renseigne chez nous la conscience humaine fruste, non formée aux études physiologiques, empêche même de poser scientifiquement les questions, et est un obstacle sérieux au progrès. Un observateur « psychologant » ou « anthropomorphisant », dit Loeb, n'a qu'à négliger l'analyse des excitants extérieurs, et du coup il découvrira partout chez les animaux une intelligence analogue à celle de l'homme, à peu près comme le sauvage, ignorant de toute analyse physique, voit des dieux dans le soleil et dans le feu, c'est-à-dire des êtres semblables à l'homme, ou bien qui voit dans une locomotive un monstre vivant. Supposer aux actions des animaux des motifs psychologiques, dit Th. Beer, c'est en somme dire qu'on ne connaît pas la cause réelle, phy-

1. Admettre avec Wasmann (*Die psych. Fähigkeiten der Ameisen*, in *Zoologica*, p. 26. Stuttgart, 1899) et d'autres chez les animaux une perception sensorielle (*sinnliche Empfindung*) n'ayant rien de psychique, c'est créer de nouveau un agent imaginaire, comme la force vitale. Ou bien il s'agit d'un effet psychique comme chez l'homme, au degré près si vous voulez, ou bien seulement d'un processus physiologique, c'est-à-dire physique. Il n'y a pas à sortir de là.

siologique, d'une action, et « qu'on n'en est pas autrement étonné ».

Il n'y a donc pas à hésiter : il faut abandonner le langage psychologant partout où nous le pouvons. Or, nous le pouvons surtout en biologie comparée, et spécialement dans les questions de « vision comparée » ; nous allons en faire la preuve dans les pages suivantes.

Mais si on renonce au raisonnement par analogie, objecte WASMANN, il faut renoncer à la psychologie comparée ! — Parfaitement, répond UEXKÜLL[1], c'est ce que nous faisons. Et nous proposons de ne plus parler de psychologie comparée, mais de physiologie nerveuse comparée, ou de biologie comparée. Le nom de « psychologie » comparée est un leurre ; c'est un de ces termes qui fait accroire que nous savons quelque chose des faits internes éventuels chez l'animal, alors que nous n'en savons absolument rien.

En dernière analyse, on conclut à l'existence de sensations chez l'animal en observant les mouvements qu'il exécute sous l'influence d'agents extérieurs. Analysons donc (physiologiquement) ces mouvements. — Tout mouvement (d'un membre ou de tout le corps) est le résultat d'une contraction musculaire. La contraction musculaire résulte de l'arrivée de l'influx nerveux au muscle. Mais cet influx nerveux ne naît pas spontanément dans le nerf ; il a sa source dans un processus physiologique des cellules nerveuses, qui elles sont activées (physiologiquement) par l'influx nerveux d'un nerf centripète. Et ce dernier

1. UEXKÜLL. *Biol. Centralbl.*, 1900, XX, p. 497.

a été sollicité par sa terminaison périphérique, « excitée » par un agent extérieur, par un mouvement physique (ou chimique). — Il y a encore bien des inconnues dans cette série de processus physiologiques enchaînés, et qui changent de nature d'un anneau de la chaîne à l'autre. Mais nous en savons assez pour pouvoir affirmer que, lorsque nous les connaîtrons tout à fait, nous aurons saisi entre eux des relations absolument obligées ; nous connaîtrons leur « pourquoi » dans le sens de la conservation de l'énergie (physique). L'un est la « cause » de l'autre, bien entendu en tenant compte de l'« énergie latente » renfermée dans nos organes, et qui devient actuelle sous l'influence de « forces de dégagement ».

Dans tout cela, nous ne rencontrons nulle part un élément psychique. Chez nous-mêmes, nous constatons par notre sens intime qu'il vient s'y ajouter quelque chose, la sensation, la conscience, etc., bref, les faits psychologiques. Mais nous connaîtrions à la perfection les processus cérébraux, physiologiques, que cela ne nous expliquerait en rien la genèse d'une sensation, au même titre que l'arrivée de la variation électrique nerveuse dans le muscle devra expliquer le caractère obligé de la contraction. Entre le mouvement de particules matérielles et ma sensation, il n'y a pas de relation causale, il n'y a pas là de transformation d'une forme de l'énergie dans l'autre. Nous sommes d'avis, avec Uexküll, que seul un esprit superficiel peut voir dans une sensation une forme de l'énergie physique[1].

1. Notons que cette affirmation ne dit rien pour ou contre la

Halte-là ? crie WASMANN. La loi de la conservation de l'énergie n'est pas la seule forme de la loi causale dans la nature. Toute relation entre deux phénomènes qui se suivent fatalement est une relation de cause à effet. Le principe des énergies spécifiques de J. MUELLER est là notamment pour vous contredire, cette loi exprimant une relation de cause à effet qui ne suit pas la loi de la conservation de l'énergie. La science psycho-physique enfin est tout entière basée sur une telle relation de cause à effet.

Dans l'objection de WASMANN, il y a un nouvel exemple des inconvénients résultant de ce que nous en sommes réduits à appliquer une seule et même désignation à des choses essentiellement différentes. Si nous appliquons le nom de « causales » aux relations qui suivent la loi de la conservation de l'énergie, nous ne pouvons plus le faire logiquement pour celles qui existent entre les faits physiques et les faits psychologiques. Tout ce que nous pouvons dire, c'est que le fait psychologique naît à l'occasion du mouvement physique, et encore chez l'homme seulement.

Si nous nommons « connaissables » les relations qui suivent les lois de la conservation de l'énergie (cosmique), nous ne pouvons plus appliquer ce vocable à celles qui relient les processus physiques aux sensations, ni à celles qui relient entre eux les divers états de conscience ou processus psychiques (sensations, représentations, etc.). Et c'est pour avoir

notion de l' « âme ». Ceci pour rassurer ceux qui, comme le dit LE DANTEC, donnent une âme aux Protozoaires pour être sûrs qu'on ne la leur refusera pas à eux-mêmes.

méconnu cette vérité fondamentale que certains auteurs en arrivent à considérer la pensée comme une sécrétion du cerveau, au même titre que la bile est une sécrétion du foie. Nous l'avons déjà dit, nous connaîtrions à la perfection le fonctionnement de l'écorce cérébrale dite « visuelle », chez l'homme, en d'autres mots, nous connaîtrions dans tous ses détails le déterminisme physiologique des sensations visuelles, que cela n'avancerait en rien notre connaissance de ces sensations en elles-mêmes. Aucune parcelle de l'énergie physique ne disparaît lors de la genèse de la sensation, ne se transforme en celle-ci. Il n'y a pas d'équivalent sensoriel de la chaleur.

En vertu des mêmes principes, nous récusons la volonté comme mobile primaire des actions des animaux. Déjà chez l'homme « la volonté n'est cause de rien » suivant l'expression lapidaire et juste de Ribot[1]. Les causes véritables de ces actions sont des innervations variées. Nous devons même considérer la volonté comme non existante chez l'animal, au même titre que les sensations et les autres états psychiques décrits chez l'homme. Le physiologiste ne peut considérer les sensations et les autres états psychiques que comme des *épiphénomènes* des processus physiologiques qu'ils accompagnent, et sans lesquels ils n'existeraient pas.

En ce sens nous pouvons donc dire que chez l'homme, le cerveau est l'organe de la pensée, et qu'une partie déterminée de l'écorce cérébrale est l'organe des fonctions visuelles psychiques.

1. Ribot. *Les maladies de la volonté*, 3e éd. Paris, 1885.

V. **Il n'y a pas de psycho-physique comparée.** — La psycho-physique s'occupe des relations qualitatives et quantitatives existant entre le monde physique (ou physiologique) et les phénomènes psychiques. Autrement dit, elle s'occupe du déterminisme physico-physiologique des faits de conscience. Chez l'homme, elle n'est possible que pour autant que nous acceptions comme incontestables les données du sens intime. Et ces données étant inexistantes pour nous en ce qui regarde l'animal, nous sommes d'avis, avec Uexküll, qu'*il n'y a pas de psycho-physique comparée,* mais seulement une physiologie comparée, notamment une physiologie des organes des sens.

On pourra nous objecter par exemple que la méthode de Holmgren, destinée à explorer la chromatopsie, est un procédé de recherche psycho-physique appliqué à l'homme, qui au fond consiste lui aussi à *juger* des sensations chromatiques du sujet examiné d'après des réactions motrices, incitées chez lui par la lumière. Nous répondons que lorsqu'on aura dressé un singe à faire le triage des laines de Holmgren, alors nous consentirons à discuter la chromatopsie de cet animal.

VI. **Objet de l'étude biologique de la vision comparée.** — De même que la mécanique consiste à décrire le plus exactement possible les mouvements des corps en général, de même aussi l'étude de la vision comparée doit consister dans la description aussi exacte que possible des photo-cinèses, des mouvements que la lumière provoque chez les animaux.

Pour décrire, c'est-à-dire pour expliquer génétiquement les phénomènes de la nature inanimée, la mécanique rationnelle exige comme seules prémisses, l'inertie et la permanence de la matière, ainsi que les notions d'espace et de temps. Pour décrire, pour expliquer, génétiquement, les phénomènes de vision comparée, nous invoquons comme seules prémisses l'irritabilité, la conduction des processus physiologiques, ainsi que la contractilité, c'est-à-dire uniquement les propriétés fondamentales de la matière vivante, animale ou végétale, propriétés dans lesquelles personne ne voit plus aujourd'hui des manifestations psychiques.

Tout nous porte à admettre que ces propriétés sont de simples manifestations cinétiques de la matière vivante, c'est-à-dire le résultat de phénomènes mécaniques ou chimiques, liés entre eux et au cosmos par les lois de la conservation de l'énergie.

C'est en ce sens que nous allons exposer la vision chez les animaux. Des essais de ce genre ont été tentés sur des points spéciaux. Mais notre essai est, à notre connaissance, la première tentative pour décrire l'ensemble des phénomènes visuels chez les animaux à un point de vue exclusivement physiologique.

Il arrivera certainement que plus d'un de nos développements sera contesté. Mais nous osons espérer que dans sa tendance générale et ses principaux linéaments, notre tentative rencontrera l'approbation du monde savant. — Chemin faisant, nous aurons l'occasion d'exposer et de discuter les théories psychologiques en vision comparée.

Bien entendu nous, physiologistes, nous ne nions

et nous n'affirmons rien quant aux faits de conscience (sensations, volitions, âme, etc.) chez les animaux (comme d'ailleurs chez l'homme ; voir plus loin), pas plus que l'astronomie n'affirme ni ne conteste l'existence de Dieu.

VII. **Terminologie nouvelle à créer.** — Pour éviter les amphibologies dangereuses surgissant inévitablement lorsqu'on emploie un même terme pour désigner et les processus physiologiques et les qualités psychiques qui les accompagnent, Th. Beer, Bethe et Uexküll[1] ont proposé récemment une terminologie nouvelle, applicable à tous les organes des sens, et que Beer[2] a développée spécialement pour la vision. Nous approuvons cette tentative, et nous l'étendrons au fur et à mesure des besoins de notre exposé.

Les mots « excitation », « excitabilité », « irritation », « irritabilité », « sensible », « sensibilité » sont d'un emploi courant. Mais ils ont été si souvent définis et distingués par les auteurs, pris dans des acceptations diverses, qu'il n'y a plus moyen de s'y retrouver. Le mot « sensibilité » notamment est employé souvent pour désigner et la propriété qu'ont les corps vivants d'être modifiés (physiquement) par des agents extérieurs, et la propriété de notre conscience d'être affectée différemment, c'est-à-dire pour désigner deux genres de faits absolument hétérogènes. Les auteurs

1. Th. Beer, Bethe et Uexküll. Essai pour créer une nomenclature objectivante en physiologie du système nerveux, in *Centralbl. f. Physiol.*, 1899, t. XIII, nº 6, et in *Biol. Centralbl.*, 1899, p. 517.

2. Th. Beer. Des organes visuels primitifs, 1901.

commencent souvent par bien distinguer les deux choses, mais bientôt, par une espèce de tour de passe-passe, la sensibilité physiologique est devenue la sensibilité psychique et *vice versa*. Nous n'aurions qu'à cueillir au hasard autour de nous, et chez les meilleurs auteurs, pour accumuler les exemples de cette confusion regrettable entre le monde physiologique et le monde psychique (voir aussi à ce sujet Le Dantec).

Dans la terminologie nouvelle, le mot « réception » est appliqué au processus (chimique ou physique) provoqué dans la terminaison périphérique d'un nerf centripète. La « photo-réception » est donc le processus (probablement chimique) provoqué dans la terminaison périphérique du nerf optique par les vibrations de l'éther (il y a de même des tango, — des sono —, des chémo-réceptions). L' « organe photo-récepteur » est l'organe modifié par la lumière ; il est le siège du processus de la photo-réception. Les cônes et les bâtonnets sont des organes photo-récepteurs, et non des organes photo-sensibles.

Les mouvements observés chez un animal, en suite des photo-réceptions, sont des « photo-cinèses » ou « photo-réactions ». Une photo-réaction suppose un « organe récepteur » et un « organe effecteur ». Nous avons en vue surtout les réactions motrices ; mais il y a aussi des photo-réactions sécrétoires. Le processus nerveux provoqué par la photo-réception est au fond également une photo-réaction. On pourrait le nommer photo-réaction nerveuse, ou photo-cinèse nerveuse. — A-t-on à tenir compte des sensations lumineuses (chez l'homme), on pourrait les nommer « photo-réactions psychiques », en opposition

avec les précédentes, qui sont toutes d'ordre physiologique, c'est-à-dire physique.

L'ensemble des processus physiologiques provoqués par une photo-réception peut-être nommé « photo-réflexe ». Mais il est nécessaire d'établir dans les photo-réflexes des subdivisions. *a)* Il y a les « photo-réflexes protoplasmiques » sans intervention de fibres nerveuses entre l'organe récepteur et l'organe effecteur, telles les photo-réactions chez les Protozoaires, chez les Cœlentérés, la photo-réaction du muscle sphincter de la pupille chez les vertébrés inférieurs, celles de certaines chromatophores. *b)* Les « photo-réflexes simples » sont les photo-réactions qui supposent l'intervention d'un ou de plusieurs neurones ; ils s'exécutent toujours de la même manière, avec ou sans accompagnement de conscience. De ce nombre sont : le photo-réflexe rétino-pupillaire, beaucoup de photo-réactions chez les invertébrés inférieurs (Cœlentérés, Lamellibranches, etc.). *c)* Le « photo-réflexe » peut être diversement « modifiable » par des réceptions simultanées d'une autre nature (par les tango-chémo-réceptions), ou même par des réceptions antérieures (mémoire). Ceci nous mène sur le terrain des photo-réactions instinctives et volontaires. Les mouvements instinctifs sont des réflexes compliqués. Quant aux réactions dites volontaires, on peut y faire une subdivision, selon qu'elles reposent sur un mécanisme nerveux congénital (vol de l'insecte, de l'oiseau, etc.), ou selon que ce mécanisme a l'air d'être créé chez l'individu (tours d'adresse chez les animaux, chez l'homme, l'écriture, le piano). — Comme toutes les subdivisions de choses et de phé-

nomènes de la nature, celle-ci est artificielle, et dans un cas donné, on peut ne pas savoir trop dans quelle catégorie ranger une photo-réaction donnée [1].

Le mot « œil » rappelle une construction et une fonction très compliquées. On ne saurait l'appliquer à une cellule photo-réceptrice placée isolément parmi d'autres cellules épithéliales. On pourrait parler ici d'une cellule « photrice » ; on pourrait même donner le nom d' « organe photeur » à des formations photo-réceptrices compliquées, et réserver le nom « œil » à des organes très compliqués, comme ceux des insectes et des vertébrés pouvant servir à des photo-réactions compliquées (voir plus loin).

Déjà l'emploi des mots « voir », « vision », expose à des méprises, car ils supposent un organe et une fonction très compliqués, même une représentation psychique, comme chez l'homme. — Au mot « lumière » lui-même (employé pour désigner une forme de l'énergie) adhère un arrière-goût sensoriel qui continue toujours à induire en erreur lecteurs et auteurs (voir plus loin : *dermatoptique*).

1. Bethe avait proposé d'appliquer le nom de « psychiques » aux photo-réactions qui peuvent être modifiées par des réceptions d'une autre nature, ou par des photo-réceptions antérieures, en spécifiant toutefois que ce terme n'impliquerait rien pour ou contre une conscience. Il semble y avoir renoncé depuis, et avec raison, le qualificatif « psychique » éveillant malgré tout l'idée de « conscience ». — Loeb nomme « psychiques » les photo-réactions physiologiques révélant de la « mémoire associative ».

VIII. Première orientation parmi les photo-réactions chez les animaux inférieurs. — Il est impossible de donner une définition exacte, adéquate, de la photo-réaction, ainsi d'ailleurs que de n'importe quelle partie des sciences naturelles. Aucun doute ne s'élève pour savoir si un mouvement observé chez un animal supérieur est oui ou non une photo-réaction ; mais l'incertitude devient très grande chez les animaux inférieurs. Le mieux sera encore de dire à propos de cas nombreux ce qui mérite le nom de « photo-réaction » et ce qui ne le mérite pas.

Exemples de modifications que la lumière provoque dans les cellules vivantes, et qui ne sauraient être envisagées comme de véritables photo-réactions. — *a)* Nous n'allons pas attribuer le nom de photo-réaction à l'influence nutritive que la lumière exerce sur toutes les cellules vivantes (animales et végétales), et en vertu de laquelle les combustions sont augmentées, de l'énergie devient libre, même sous forme de mouvement, et les cellules de l'œuf se segmentent plus rapidement. Le fait que ces actions ne dépendent pas seulement de la force vive des radiations, mais aussi de la longueur d'onde, ne change rien à notre manière de voir à leur égard. *b)* Nous excluons également de notre cadre les actions assimilatrices et motrices que certaines longueurs d'onde provoquent dans beaucoup d'organismes au moyen de substances colorées spéciales, dites chlorophylles. Telle est la fonction chlorophyllienne des plantes, mais aussi celle de certaines bactéries (bactéries à pourpre) et des infusoires *(Stentor viridis)* renfermant de la chlorophylle, fonction étudiée par ENGELMANN[1]. Les mouvements en question, très curieux, se produisent au service d'une fonction assimilatrice, sous l'influence des grandes longueurs d'onde.

1. ENGELMANN. *Arch. de Pflüger*, 1882, t. XXIX, et *Botan. Zeitung*, 1888.

Ce sont en quelque sorte des mouvements respiratoires ou digestifs, des chémo-réactions plutôt que des photo-réactions ; ils sont dans une dépendance très étroite de la tension d'oxygène dans le milieu ambiant.

Premier exemple d'une photo-réaction véritable. — Chez l'Euglène *(Euglena viridis)*, un Infusoire, nous rencontrons des mouvements provoqués par la lumière, qui sont indépendants de la tension de l'oxygène dans le milieu ambiant, et qui sont provoqués par les rayons les plus réfrangibles visibles encore chez l'homme (Stahl[1], Engelmann[2]). Les Euglènes en mouvement se dirigent vers la source lumineuse, se retournent et dévient si on vient à renverser ou à modifier la direction de la lumière ; les individus immobiles s'orientent vers la source lumineuse. En un mot, ce sont des mouvements de l'ordre des phototropies, dont nous allons nous occuper.

Le processus provoqué semble être de nature métabolique (de désassimilation). Chose à noter, cette réceptivité est localisée, non dans la tache chlorophyllienne de l'euglène, mais en un point situé au-devant de cette dernière, à la base du flagellum. Du reste, chez d'autres Protozoaires, la tango-réceptivité (toucher) semble déjà localisée de même (Jennings). La photo-modification au point photo-réceptif provoque, par continuité protoplasmique, des changements fonctionnels (ou photo-réaction) dans les autres parties de la cellule. C'est un bon exemple d'une photo-réflexe protoplasmique. Parlera-t-on ici d'un « œil » ? Admettra-t-on des sensations

1. Stahl. *Botan. Zeitung*, 1880, n° 24.
2. Engelmann. *Pflüger's Archiv*, 1882, t. XXIX.

visuelles, alors qu'on refuse des sensations au muscle muni de son nerf, chez les métazoaires, ainsi qu'aux chromatophores?

IX. **Phototropisme ou héliotropisme animal.** — Tout le monde connaît l'attraction exercée par un foyer lumineux sur beaucoup d'animaux, le fait que la mite va se brûler dans la flamme d'une bougie, le nuage de papillons de nuit entourant la lumière d'un arc électrique. Ce sont autant d'exemples de *phototropisme* ou d'*héliotropisme positif*. — D'un autre côté, beaucoup d'animaux fuyent la lumière, s'éloignent de la source lumineuse et vont se cacher dans les endroits les plus obscurs. Certains mille-pieds, le ver de terre, l'asticot, etc., en sont des exemples : ils sont doués de *phototropisme* ou d'*héliotropisme négatif* (terminologie de LOEB [1]).

Une des premières communications relatives à l'héliotropisme animal est celle de RÉAUMUR [2] en 1748, s'étonnant que les *Mites*, si manifestement attirées par la lumière d'une bougie, ne volent pas le jour d'une fleur à l'autre.

TREMBLAY (1791) observa que les *Pucerons* gagnent toujours la paroi du réservoir (en verre) située du côté de la source lumineuse. Il réussit à déplacer, à traîner derrière une lumière mobile l'essaim des pucerons. — Le même auteur vit les *Hydres* (des *Cœlentérés*), non seulement s'assembler dans la partie éclairée

1. LOEB (J.). *Der Heliotropismus d. Thiere*. Würzburg, 1890.
2. RÉAUMUR. *Mém. pour servir à l'hist. des Insectes*, t. I, I, p. 330. Amsterdam, 1748.

du réservoir, mais encore s'appliquer contre la paroi tournée vers la lumière.

P. Bert[1] vit des *Daphnies* (petit Crustacé) se grouper dans la partie la plus éclairée du réservoir. Dans le spectre, le plus grand nombre se groupaient dans le jaune, moins dans le vert et l'orangé, moins encore dans le rouge et le bleu. Les Daphnies se comportent dans le spectre, dit-il, à peu près comme un homme qui voudrait y lire, et à cet effet se placerait dans la partie jaune, la plus lumineuse. Il attribue aux Daphnies « une prédilection » pour le jaune.

Pouchet (1872) étudia et interpréta assez bien l'héliotropisme négatif des *Asticots*[2].

Chez ces divers auteurs (sauf Pouchet), notamment chez P. Bert, on reconnaît une certaine « tendance » à supposer aux mouvements des animaux des mobiles internes, psychologiques. Lubbock[3] parle franchement « de préférences » qu'auraient les Daphnies pour certaines « couleurs ». D'ailleurs il admet chez les insectes des sensations chromatiques diverses.

La tendance psychologante est poussée à l'extrême chez Graber[4], pour lequel l'existence de sensations « lumineuses », de « préférences », de « dégoût », de « répulsion » pour certaines « couleurs » chez les animaux inférieurs ne fait pas le moindre doute. Il couvre partiellement d'un écran opaque ou

1. P. Bert. *Arch. de physiol.*, 1869.
2. Pouchet. *Revue et Magasin de Zool.*, 1872.
3. Lubbock. Les Fourmis, les Abeilles et les Guêpes, in *Biblioth. scient. internat.*, t. XLV, 1883.
4. Graber. *C. R. Acad. Vienne*, 1883. *Helligkeits-und Farbensin der Thiere*. Prague, 1884.

coloré le réservoir et, après quelque temps, compte les animaux repartis. Si la majorité est dans la partie découverte, il déclare l'espèce « *leucophile* », aimant la lumière et détestant l'obscurité. Au cas contraire, elle est « *leucophobe* », aimant l'obscurité et détestant la lumière. Et ce sont ces préférences et ces sentiments de dégoût, de répulsion, qui, d'après lui, font mouvoir les animaux. Grande est la perplexité de GRABER lorsqu'il constate que les animaux leucophiles sont en même temps cyanophiles, aimant le bleu, et que les leucophobes sont erythrophiles (aimant le rouge). Il suppose ici une opposition entre les effets alors qu'il s'agit en réalité, comme nous allons le voir, d'effets toujours identiques, ne différant que par leur intensité. — Ces idées de GRABER sont plus ou moins acceptées par les auteurs ; elles constituent un exemple typique des ravages scientifiques occasionnés par la tendance psychologante en biologie. Nous allons voir que le procédé « majoritaire », ou « plébiscitaire », inauguré par P. BERT, et appliqué sur une large échelle par GRABER, ne saurait en général avoir qu'une portée très restreinte en analyse biologique.

LUBBOCK, psychologant toujours, et voyant que dans leur nid les fourmis vont se cacher ainsi que leurs œufs, suppose qu'elles n' « aiment » pas la lumière dans leurs nids, parce qu'alors elles ne se « sentent » pas en sécurité.

En général, du moment qu'on admet des sensations chez les animaux, leur « psychologie » se complique de plus en plus sous la plume de l'écrivain.

On sait que les jeunes pousses des plantes, éclairées

d'un côté, se courbent de manière à se placer dans la direction de la lumière. Les unes se dirigent vers la lumière, présentent de l'héliotropisme positif (Sachs), les autres se dirigent en sens inverse, sont douées d'héliotropisme négatif. Les rayons lumineux qui ont cet effet directeur sont des rayons très réfrangibles (bleus, violets), et nullement les rayons peu réfrangibles (assimilateurs). En vertu de leur héliotropisme positif, les parties mobiles des plantes se déplacent, les spores mobiles se meuvent, se dirigent vers la source lumineuse. Les grains de chlorophylles sont orientés de même. Et c'est d'après la direction du rayon lumineux que le protoplasme des plantes exécute ces mouvements.

Loeb, en étudiant le déterminisme physique des photo-réactions chez les animaux, trouva que dans des classes entières, les photo-réactions suivent des lois identiques à celles qui régissent l'héliotropisme végétal. Aussi propose-t-il de leur appliquer le nom d' « *héliotropisme* » animal, pour bien marquer qu'à les considérer sans idée préconçue, pas plus que les faits d'héliotropisme végétal, ces photo-réactions animales ne prouvent ni ne supposent même l'intervention d'un élément psychique (sensations, jugement, préférences, etc.). De même aussi les termes de chimiotaxie (positive et négative), de galvanotropies, de géotropies, etc. ont été introduits pour désigner des réactions d'êtres animés dans la production desquelles n'entre certainement pas de facteur psychique.

Les animaux doués d'héliotropisme positif se dirigent *vers* la source lumineuse, ceux à héliotropisme négatif se dirigent *loin* de la source lumineuse, et cela mathématiquement, suivant la direction du rayon

lumineux. Les expériences réussissent naturellement le mieux si on expérimente dans l'obscurité, avec une seule source lumineuse. Et alors le phénomène est aussi frappant que l'orientation dite « galvanotropique » que le courant électrique imprime à de jeunes têtards de grenouille.

a) Héliotropisme positif. — A l'aide d'un dispositif très simple, Loeb a étudié le déterminisme physique de l'héliotropisme positif des chenilles de *Porthesia Chrysorrhaea*. Ces chenilles révèlent un héliotropisme positif énergique au moment où la chaleur printanière les fait sortir de leur toile d'hiver, et avant qu'elles n'ayent mangé. Une fois rassasiées, elles sont moins dirigées par la lumière. D'expériences faites avec ces animaux placés dans une éprouvette qu'on oriente diversement devant une fenêtre, il résulte qu'invariablement et mathématiquement ils se dirigent vers la source lumineuse. Si dans cette marche les chenilles buttent perpendiculairement contre le fond de l'éprouvette, elles s'y arrêtent, avec la surface céphalique et ventrale tournée vers la source lumineuse, et de manière que des parties symétriques du corps soient également éclairées. Si elles donnent sur une surface (du verre) inclinée par rapport à la direction de la lumière, elles se meuvent comme d'après les lois du parallélogramme des forces, comme si leur impulsion, ou leur attraction vers la source lumineuse donnait lieu à deux composantes, l'une perpendiculaire au verre et qui est anéantie, l'autre parallèle à la surface du verre, qui porte l'animal le long de la surface et le rapproche de la lumière. — Si l'éprouvette est placée perpendiculairement à la

fenêtre, les chenilles marchent jusqu'au bout, même si chemin faisant elles doivent traverser une partie plus éclairée latéralement. Elles ne se rendent donc pas dans la partie la plus éclairée de l'éprouvette. Le fait est qu'elles se meuvent mathématiquement en sens opposé à la propagation de la lumière, même si elles doivent passer par une partie obscurcie latéralement.

Dans la terminologie des « psycho-biologistes » (GRABER, etc.), la chenille est « leucophile » et « érythrophobe ». Le fait est que dans cette « marche à l'étoile » la chenille n'est nullement arrêtée par un segment de l'éprouvette non éclairé latéralement ou éclairé par de la lumière rouge.

Les parties les plus réfrangibles de notre spectre visible sont les plus actives à ce point de vue. Le rouge spectral a le même effet, mais avec une intensité beaucoup moindre : il faut pour le produire une intensité plus forte de la source lumineuse. La lumière bleue représente, à peu de chose près, tout le pouvoir héliotropique de la lumière du jour.

Si l'animal se trouve entre deux sources lumineuses, il est attiré par la plus intense, ou plutôt par celle qui a l'effet héliotropique le plus fort.

Avant d'être ailés, les *Pucerons* ne révèlent guère de phénomènes héliotropiques. Ailés, ils sont doués de phototropisme positif. On peut répéter avec eux, et avec le même succès, identiquement les expériences faites avec la chenille de *Porthesia*. — Les *Papillons* (Lépidoptères adultes) ont de l'héliotropisme positif, les nocturnes aussi bien que les diurnes ; seulement les diurnes ne sont mis en mouvement que par des

intensités lumineuses très fortes ; les nocturnes le sont par de faibles intensités, qui n'agissent pas sur les diurnes. Encore une fois, ce sont les rayons bleus et violets qui sont surtout actifs[1]. — Les *chenilles des papillons* semblent toutes douées de phototropisme positif, même celles qui vivent dans des trous creusés par elles. Ce n'est donc pas leur héliotropisme qui pousse les chenilles ligniphages dans leurs trous, mais d'autres causes (d'autres réceptions) qu'il faudra rechercher. Il ne faut pas oublier que la manière de vivre d'un animal est la résultante de toutes ses réactions, à toutes les réceptions dont il est capable.

b) Héliotropisme négatif. — Un bon exemple de phototropisme négatif est celui des larves des Mouches (asticots), étudié déjà par Pouchet. Lœb a répété avec elles les expériences auxquelles il a soumis les chenilles de *Porthesia*, et avec succès, sauf que le sens du mouvement est précisément opposé. Les asticots marchent dans le sens de la propagation de la lumière, et cela même lorsque chemin faisant elles doivent traverser une partie de l'éprouvette plus éclairée. Ils ne « craignent » donc pas la lumière. Ils ne s'arrêtent donc pas à l'endroit le moins éclairé, bien que ce soient des animaux franchement « leucophobes ». Les rayons les plus actifs sont les bleus et les violets. — La larve du *ver de farine* et celle *du hanneton* ont de l'héliotropisme négatif.

1. Un phénomène de phototropisme, certainement réflexe, chez les papillons diurnes, consiste en ce que posés en pleine lumière, ils s'orientent toujours de façon que la lumière frappe perpendiculairement leurs ailes déployées.

Les *Diptères* et les *Hyménoptères* adultes ont de l'héliotropisme positif, en vertu duquel une mouche, une abeille, lâchée dans un appartement obscur, se dirige toujours vers une ouverture pratiquée dans le volet. L'héliotropisme positif des *abeilles* (mâles et femelles) est fortement exagéré à l'époque de leur « voyage de noce ». Par contre, les *larves des abeilles et des mouches* sont douées d'héliotropisme négatif. — Les *fourmis* mâles et femelles révèlent de l'héliotropisme positif bien marqué, mais seulement lorsqu'elles sont ailées, donc aussi pour leur voyage de noce. Pour le mettre en évidence, il faut une intensité lumineuse très forte, celle de la lumière solaire directe. — Les mouvements des *Euglènes*, cités plus haut (p. 28), sont de pures phototropies positives.

Les photo-réactions des *vers de terre*, des *Plathelminthes* et des *sangsues* paraissent être de nature héliotropique. Le ver de terre, exposé à la lumière dans un tube en verre, se retire toujours sous un anneau obscurcissant. Des fragments de ver de terre, y compris le segment caudal, présentent (au degré près) le même phénomène. Quant aux Plathelminthes, par exemple la *Planaria torva*, placées dans un réservoir partiellement éclairé, elles se rendent toutes dans la partie obscurcie. Des fragments de l'animal se comportent de même (au degré près). Les vers de terre et les Plathelminthes présentent donc de l'héliotropisme négatif. — Sous l'influence d'une forte lumière, les sangsues s'accolent avec la face ventrale du corps à la paroi du verre opposée à la lumière : héliotropie négative.

D'après Lœb, il faudrait ranger parmi les photo-

tropies beaucoup de photo-réactions des Mollusques, etc., et même de certains Vertébrés.

La grenouille est douée d'une espèce de phototropisme négatif[1] ; dans leur réservoir ces animaux s'éloignent de la lumière, s'orientent le dos tourné à la lumière. Les oiseaux, heurtant de nuit un phare ou des fenêtres éclairées, agissent en vertu de leur héliotropisme positif. Les poissons sont (la nuit) attirés par une lumière ; de même aussi les lièvres, les lapins sont, comme on dit, « fascinés » la nuit par la lumière d'une lanterne, circonstance mise à profit par les braconniers. Dans certaines actions des enfants, on démêle les signes révélateurs d'un phototropisme positif (voir plus loin, « projection radiaire », chez l'homme).

Les réactions héliotropiques ont le plus souvent une signification biologique intéressante. — La chenille est ainsi portée directement, dès qu'elle sort de son engourdissement hivernal, vers sa nourriture, vers le bourgeon terminal qui s'ouvre. Chez certains animaux (abeilles, fourmis), l'héliotropisme se développe ou s'exagère en relation avec les fonctions sexuelles. Le célèbre ver Palolo, lorsqu'il remonte à la surface des mers, semble agir par phototropisme, à l'époque de la reproduction. — Les « psychologues » s'en donnent à cœur-joie en présence de ces « utilités en vue de buts à atteindre » ; mais ils doivent rester perplexes devant le segment caudal d'un verre de terre

1. Suivant Graber, le bleu serait pour la grenouille la couleur de « répulsion absolue », et le rouge la couleur de « prédilection absolue ». En fait, l'une et l'autre couleur repousse la grenouille.

qui « recherche l'ombre ». Pour la physiologie, ces « causes finales » sont le *résultat* de l'évolution, guidée par la sélection naturelle.

D'autre part, on constate l'héliotropisme dans des conditions où il ne semblerait pas avoir de raison d'être dans le sens des idées évolutionistes. C'est ainsi que les larves de papillons vivant dans des trous creusés par elles dans le bois sont douées d'héliotropisme positif. Une petite écrevisse (*Cuma Rathkii*), à héliotropisme positif, vit dans la vase. Ce n'est que lorsqu'elle tombe sur la vase qu'elle se met à s'enfoncer; la tango-réaction provoquée par la vase est plus forte que la réaction héliotropique. Nous avons déjà dit que la manière d'être d'un animal est la résultante de toutes ses réactions (tango-chémo, etc., réactions)[1].

Hâtons-nous d'ajouter que tout n'est pas dit avec l'élucidation du déterminisme physique de ces phénomènes. Si cette manière simpliste d'envisager les choses devait prédominer, elle aurait des inconvénients peut-être aussi graves que la tendance anthropomorphisante. En effet, le déterminisme physiologique reste tout entier à élucider. A ce point de vue, l'exposé donné par Lœb lui-même n'est pas à l'abri de tout reproche. Il suffit à cet auteur de constater qu'une cellule ou un animal a de l'héliotropisme ou n'en a pas. L'héliotropisme, dit-il, est une pro-

1. Cette observation répond aussi à une boutade de Wasmann objectant à Loeb que la chenille de *Porthesia* devrait, en vertu de son phototropisme, mourir de faim au sommet de la branche qu'elle vient de dénuder. Elle fait entrevoir pourquoi le papillon ne se perd pas dans les airs, dans la direction du soleil ou de la lune.

priété irréductible des protoplasmes vivants. C'est ainsi qu'il est amené à identifier le phototropisme des plantes avec celui des animaux. Or, nous savons que le déterminisme physiologique diffère totalement dans les deux cas : l'un (celui des plantes) est un processus endothermique, de synthèse ; l'autre est un processus exothermique. Bien plus, le déterminisme physique lui-même diffère dans les deux cas. Dans les plantes, au moins pour la fonction chlorophyllienne (accompagnée de phénomènes héliotropiques), ce sont de grandes longueurs d'onde qui agissent, tandis que l'héliotropisme animal est provoqué par des longueurs d'onde plus courtes.

Et si nous n'envisageons que les véritables photoréactions chez les animaux, il restera à élucider, chez les Protozoaires tout d'abord, le déterminisme physiologique du phénomène, le mécanisme intracellulaire, c'est-à-dire moléculaire ou plastidulaire des phototropies.

Chez les organismes pluricellulaires, les déterminismes physiologiques des phototropies donnent dès maintenant l'explication de certaines modalités du phénomène, sur lesquelles Loeb a passé un peu légèrement. — C'est ainsi que le fait que l'héliotropisme se manifeste chez certains animaux à une intensité lumineuse moindre que chez d'autres, qu'il cesse de se manifester chez certaines espèces à une lumière qui est efficace chez d'autres, repose dans bien des cas sur la constitution de l'organe photo-récepteur. Réaumur a été intrigué en constatant que les papillons qui « fuyent » la lumière du jour sont précisément ceux qui se rendent dans les chambres éclairées, ce qui sem-

blerait à première vue révéler des effets héliotropiques opposés selon la nature de la lumière. Or les hiboux, doués d'héliotropisme positif, ne volent pas non plus au grand jour, mais pour le même motif qui fait que nous ne regardons pas dans le soleil direct, bien que nous aussi nous soyons doués d'héliotropisme positif.

Dans ces photo-réactions en apparence paradoxales intervient diversement l'organe photo-récepteur, d'abord par ce qu'on appelle son « adaptation » à des intensités lumineuses déterminées (voir, plus loin). Le hibou ne vole pas au grand jour, parce qu'il ne possède dans sa rétine que des bâtonnets. La forte lumière en épuise le rouge rétinien — la seule substance photrice du hibou —, et le rend à peu près aveugle. S'agit-il chez les papillons nocturnes d'un phénomène du même genre (épuisement de la photo-réceptivité)? C'est à voir. — Les Céphalopodes littoraux restent immobiles au grand jour, parce qu'une forte lumière provoque chez eux deux photo-réactions dont chacune empêche la lumière d'arriver à l'élément photo-récepteur (Th. Beer). D'une part au grand jour la pupille se ferme tout à fait, et d'autre part le pigment entourant l'élément rétinien photo-récepteur émigre tout le long de ce dernier, de manière à lui constituer un fourreau noir impénétrable à la lumière. — De même aussi la pupille des requins se ferme à la lumière du jour ; aussi ces animaux ne se mettent-ils en mouvement qu'à l'approche de la nuit. — On sait que chez les papillons nocturnes, le pigment qui entoure le cône cristallin de l'omatidie émigre au grand jour en arrière, vers la rétine, qui peut-être est ainsi préservée tout à fait de

la lumière. Cependant il se pourrait aussi qu'il s'agisse là d'un éblouissement analogue à celui du hibou. Des recherches ultérieures ne manqueront pas de décider si cette diversité dans les photo-réactions des papillons nocturnes tient à une cécité relative par manque de lumière, ou à une usure excessive de la photoréceptivité (éblouissement). — Ces exemples montrent comment la notion toute physique de l'héliotropisme a besoin d'être complétée par l'étude du déterminisme physiologique des photo-réactions.

Les phototropies animales ont été de tous temps un terrain fertile pour l'éclosion d'hypothèses psychologiques. Nous disons que les papillons nocturnes ne « fuyent » pas la forte lumière, le mot « fuite » impliquant une notion psychologique, c'est-à-dire des phénomènes internes qui n'existent certainement pas chez cet insecte ; ils ne sont pas plus « leucophiles » que « leucophobes » ; ils sont dirigés par les vibrations de l'éther, attirés vers la source lumineuse, le mot attiré voulant dire tout simplement que la photoréaction est de nature à porter l'animal vers la source lumineuse, mais cela en vertu du mécanisme physiologique de l'animal, et nullement en vertu d'un « sentiment de plaisir » évoqué chez lui par des « sensations lumineuses », en somme comme la limaille de fer se porte vers l'aimant. — Si la mite va se brûler dans la flamme d'une bougie, c'est en vertu de sa vitesse (héliotropique) acquise. D'autres réceptions (calor-réceptions) ont le temps de détourner un animal à mouvements plus lents.

Romanes, un auteur psychologant, est d'avis que les insectes, les poissons et les oiseaux, attirés par

la lumière, agissent par « curiosité », par « désir » d'explorer un objet nouveau! Après avoir rappelé, suivant CH. DARWIN, qu'à l'éclairage lunaire, les mites volent moins souvent dans la flamme d'une bougie, mais le font de nouveau dès qu'un nuage passe sur la lune, ROMANES[1] explique que la lune est pour la mite un objet « connu », qu'elle « accepte » comme tel, que par conséquent elle n'a pas le « désir » d'aller la « reconnaître ». Toute la psychologie humaine y passe! ROMANES expliquerait probablement l'héliotropisme négatif par la « peur d'un objet inconnu ». — Nous disons que l'obscurcissement de la lune permet à l'héliotropisme positif exercé par la bougie de devenir prédominant. — « Gallilei et ses successeurs en finirent avec la psychologie de la nature morte. Il est à espérer que dorénavant les substances protoplasmiques ne se dirigeront plus par *curiosité* vers la source lumineuse (LOEB). »

L'on sait qu'au fond de tous les mouvements de l'homme et des animaux, suite d'excitations externes, il y a deux formes fondamentales de réaction : l'une d'attaque, d'adhésion, l'autre de fuite, de répulsion, de défense. Faut-il voir dans l'héliotropisme positif, une réaction d'attaque, et dans l'héliotropisme négatif, une réaction de fuite, de défense? Nous allons voir à l'instant que ces mêmes animaux disposent généralement d'un autre genre de photo-réaction, plus manifestement de défense que les héliotropies négatives.

1. ROMANES. Animal intelligence. *Internat. scientif. Series.* London, 1883, t. XLI.

IX. **Photo-réactions déterminées par des variations brusques de l'intensité lumineuse.** — Les réactions héliotropiques ou phototropies se produisent pendant la durée d'un éclairage constant. Un autre genre de photo-réactions, très répandues chez les animaux inférieurs, surviennent au moment même des variations de l'intensité de l'éclairage, ces variations pouvant d'ailleurs aller jusqu'à la suppression totale, ou commencer à l'obscurité absolue (commencer à zéro ou y aboutir), à la seule condition qu'elles soient assez brusques et assez grandes.

Certaines *Ascidies* rétractent leurs tentacules sous l'influence d'un brusque changement de l'éclairage, Les *Mollusques Acéphales* (Lamellibranches) et certains *Mollusques Céphalophores,* touchés par une ombre, se rétractent sur eux-mêmes ; les Céphalophores retirent d'abord les tentacules oculifères ; les Lamellibranches retirent d'abord le siphon ; et si l'ombre est assez forte et brusque, l'animal retire le corps dans sa coquille s'il en a, ou ferme sur lui ses valves. — A chaque obscurcissement ou à chaque fort éclairement brusque, les *vers Tubicoles* rentrent le paquet de tentacules branchiaux. Nous n'en finirions pas avec les exemples de ce genre.

A première vue, certaines de ces réactions semblent être de l'ordre des phototropies. Le ver de terre notamment se retirerait en terre en vertu d'un héliotropisme négatif ; une fois l'effet obtenu, et l'organe photorécepteur soustrait à l'excitant, la réaction cesserait. Mais les *Anatifes* (Cirrhipèdes) p. ex. semblent doués d'héliotropisme positif ; ils s'orientent vers la source lumineuse. Néanmoins un éclairement brusque aussi

bien qu'un obscurcissement font rétracter les cirrhes; l'animal se retire même dans ses valves et les ferme. — Du reste, beaucoup d'animaux doués d'héliotropisme (positif ou négatif) présentent néanmoins la réaction aux variations de l'éclairage.

Les réactions aux variations de l'éclairage font surgir la notion de l' « *adaptation* » à des éclairages très divers. Les Méduses, les Actinies, les Lamellibranches, animaux héliotropiques (pour la plupart au moins), finissent par rester immobiles aussi longtemps que l'éclairage reste constant, mais ils réagissent à chaque variation brusque de l'intensité lumineuse. Le phénomène semble analogue à l'adaptation de notre peau (organe calor-récepteur) à des températures très diverses. Une fois l'adaptation de la peau obtenue pour une certaine température, il n'y a plus de sensation. Mais chaque variation en plus produit une sensation de chaud, chaque variation en moins en produit une de froid. De même aussi les animaux s'adapteraient pour des éclairages très divers. Une fois l'adaptation obtenue, il n'y a plus de photo-réaction; mais chaque variation brusque de l'éclairage en produit une.

Si chez un animal on provoque trois, quatre ou cinq fois la photo-réaction, elle s'affaiblit et bientôt ne se produit plus, pendant des minutes, même des heures et plus (selon les espèces). — On a voulu voir là un phénomène de fatigue ou d'épuisement. En ce qui regarde la Pholade dactyle, R. Dubois[1] a démon-

1. R. Dubois. *Anat. et Physiol. de la pholade dactyle.* Paris, 1892.

tré qu'il ne s'agit pas d'une modification du muscle, mais de l'organe récepteur. Pour l'Oursin, UEXKÜLL[1] incline à y voir l'effet de l'épuisement d'une substance chimique (photrice), d'une érythropsine contenue dans l'organe photo-récepteur. Ce serait un phénomène analogue à l' « éblouissement » du hibou ou de la chauve-souris au grand'jour. — On a voulu y voir aussi le début du phénomène physiologique dit de « mémoire visuelle ».

Nous comprenons assez bien qu'un éclairement brusque ou une variation positive de l'éclairement provoque des photo-réactions. Mais nous restons perplexes devant la réaction provoquée par une variation négative de l'intensité lumineuse. La notion de l'héliotropisme ne nous est d'aucun secours ici. Les *hypothèses* (ou explications possibles) sont nombreuses. On rappelle à ce propos que l'obscurcissement d'une rétine de grenouille éclairée préalablement provoque dans le nerf optique une variation électrique négative, même plus forte que celle due à l'éclairement initial (KUEHNE). On rappelle ensuite que chez l'homme le « noir » est une sensation réelle, au même titre que la sensation blanche, et comme elle, d'après HERING, accompagnée de processus nerveux réels (voir plus loin).

NAGEL[2] a essayé de classer les animaux inférieurs en « photoptiques », réagissant à la lumière augmentante, et en « skioptiques », réagissant à la lumière diminuante, à l'ombre. Il se confirme de plus en plus que le même animal réagit et aux variations positives, et aux variations négatives de la lumière, et que le plus sou-

1. UEXKÜLL. *Zeitschr. f. Biol.*, 1901.
2. NAGEL. *Der Lichtsinn augenloser Thiere.* Iena, 1896.

vent les réactions aux variations négatives sont plus prononcées, plus énergiques.

La signification biologique de ces photo-réactions est un objet d'études intéressantes. D'une manière générale, elles ont la valeur de « réactions de défense », dont les modalités doivent s'expliquer à un point de vue évolutioniste. C'est ainsi qu'à un animal peu mobile, une locomotion ne serait d'aucune utilité pour le soustraire à ses ennemis. Aussi les photo-réactions d'une actinie consistent-elles en de simples rétractions des tentacules, celles des Lamellibranches en un retrait du corps et dans l'occlusion des valves, celles de l'escargot en un retrait du corps dans la coquille, etc. — Le fait que les réactions aux diminutions de l'éclairage sont plus fréquentes et plus énergiques que celles aux variations positives se comprend, les circonstances nuisibles produisant plus souvent un obscurcissement qu'un éclairement.

Les idées évolutionistes trouvent ici des applications utiles. Seulement, il est bien entendu qu'elles ne doivent pas devenir psychologantes, mais rester sur le terrain de la physiologie pure. La psychologie darwinisante n'a pas plus de raison d'être que la physiologie spiritualiste. — C'est ainsi que chez la Pholade dactyle, la photo-réaction aux variations de l'éclairage consiste en un simple retrait du syphon, tandis que chez les autres Lamellibranches elles consistent dans le corps de l'animal et dans l'occlusion des valves. C'est qu'à l'opposé des espèces voisines, la Pholade vit dans un trou qu'elle s'est creusé dans la pierre. Le simple retrait du syphon suffit pour la

protéger, tandis que les espèces voisines doivent à cet effet fermer les valves. Cela s'explique par les lois de l'évolution purement physiologique.

Un esprit psychologant parlerait ici de « jugements » de l'animal, basés sur des « expériences » antérieures, etc. — La téléologie psychologante trouverait un exemple curieux dans le travail de POUCHET et JOUBERT (1) sur les Cirrhipèdes (ANATIFES et BALANES). Chez les Balanes, fixées au rocher, l'éclairage ne varie qu'en raison des objets qui s'interposent entre le ciel lumineux et l'animal, et qui souvent sont « ennemis » ; aussi, à chaque obscurcissement, l'animal arrête les mouvements de ses cirrhes, se cloisonne sous ses valves à l'abri du danger. Les Anatifes, au contraire, vivent en colonies sur des corps flottants ; leur situation vis-à-vis de la lumière change à chaque instant. Aussi chez elles une éclipse momentanée de la lumière ne produit aucune photo-réaction. Mais on peut douer l'Anatife de cette photo-réaction en immobilisant leur support pendant plusieurs jours. POUCHET et JOUBERT se sont bien gardés de psychologuer ici. Mais NAGEL, en voyant le *Cardium* (un Lamellibranche) cesser de réagir après quelques réactions de ce genre, dit formellement que l'animal, « reconnaissant » que l'obscurcissement répété n'indique aucun danger, cesse ses mouvements de défense.

Il est facile de couper les ailes à ces canards psychologiques sur le terrain des photo-réactions relativement simples, et de faire voir que ce sont là des effets et non des buts. La chose devient plus malaisée chez des animaux plus compliqués, par exemple (voir plus loin) lorsque les fourmis ont l'air de « reconnaître », à la suite

1. POUCHET et JOUBERT. La vision chez les Cirrhipèdes. *Soc. Biol.*, 1875.

de quelques « expériences », la non-nocuité du doigt menaçant.

Celui qui malgré tout serait tenté de recourir à la psychologie et aux causes finales en constatant l'appropriation des photo-réactions à certains effets ou « buts », nous le renvoyons au chapitre des mouvements réflexes, dans les traités de physiologie, et aux travaux de Pawlow démontrant que les sucs digestifs, sécrétés par purs actes réflexes, sont toujours appropriés (quantitativement et qualitativement) au travail digestif à accomplir, travail qui varie avec la quantité et la qualité des aliments ingérés[1].

Les photo-réactions par suite de variations de l'éclairage, envisagées dans ce qui précède, s'effectuent toujours avec le même caractère de simplicité, d'obligation : ce sont des photo-réflexes simples, univoques, tout autant que les mouvements héliotropiques. Et ils sont univoques à cause de l'organisation physiologique de l'animal. On ne va pas parler de « vision » chez les Euglènes, pas plus d'ailleurs chez les Polypes ou chez les Lamellibranches, etc. La vision (chez l'homme) suppose un système nerveux très compliqué. Or, on discute sur le point de savoir si les Polypes ont quelques rares fibres nerveuses ou non. Leurs photo-réactions pourraient bien être de simples réflexes protoplasmiques, comme celles de l'Euglène. Il est vrai que Nagel attribue aux parties du corps de ces animaux une « conscience locale » !

1. La téléologie psychique, l'invocation des causes finales, est depuis longtemps proscrite en sciences naturelles, et en fait, ce n'est qu'en physiologie des organes des sens qu'elle persiste malgré tout. — On commence à tolérer aujourd'hui une certaine téléologie physiologique, comme moyen de poser les questions, car en vertu de l'évolution naturelle, tous nos organes sont réellement appropriés à une certaine fonction.

XI. **Dermatoptique ; perceptions dermatoptiques ; vision dermatique.** — Il semble résulter d'observations nombreuses que chez les animaux inférieurs surtout, des réactions peuvent être provoquées par des photo-réceptions dans des éléments récepteurs non spécialisés, qui seraient récepteurs également pour des influences extérieures d'une autre nature (mécaniques, chimiques, etc.). Ces éléments seraient photo-, chémo-, tango-, etc. récepteurs à la fois. A ces organes doués de réceptions multiples, on peut donner (Th. Beer) le nom d'organes récepteurs « anélectifs », en opposition avec les organes récepteurs « électifs », qui ne sont doués que d'un seul mode de réceptivité, ou plutôt d'un mode absolument prédominant de réceptivité.

Conçue de cette manière, la notion d'un organe photo-récepteur anélectif n'a en soi rien qui puisse nous choquer. Notre rétine elle aussi n'est-elle pas excitable par des influences mécaniques et électriques ? Seulement, grâce à sa position protégée, elle est *le plus souvent* excitée par les vibrations de l'éther ; son électivité n'est donc que relative. Quant à une cellule photrice placée dans l'épiderme, on comprend qu'elle soit excitée plus souvent par des agents divers. Mais nous devons poser en principe que la réaction est toujours qualitativement la même, et qu'elle ne peut différer que quantitativement, quelle que soit la nature de la réception.

Les partisans de la dermatoptique vont généralement plus loin ; ils la transportent sur le terrain psychique, et prétendent que la photo-réception d'un organe anélectif provoquerait chez l'animal des sensa-

tions lumineuses, les tango-réceptions du même organe récepteur des sensations tactiles, les chémo-réceptions des sensations gustatives et olfactives, etc. Selon la nature de l'excitant, un même élément nerveux, bien plus, un seul élément réceptif, même chez un animal (chez l'Euglène) n'ayant pas de système nerveux, ou n'en ayant qu'un rudimentaire (Polypes), donnerait naissance à un très grand nombre de sensations, de réactions psychiques. — On aura une bonne mesure de l'arbitraire de ces hypothèses en se rappelant que chez l'homme, un organe nerveux aussi compliqué que la moelle épinière est incapable de produire une sensation quelconque.

Toujours et invariablement les auteurs en arrivent à des conclusions inadmissibles, en vertu d'une pétition de principe, parce qu'ils commencent par admettre gratuitement des sensations chez un animal donné. Or, les défenseurs de la dermatoptique ont été jusqu'à ce jour tous partisans des théories psychiques en vision comparée.

Que faites-vous, nous dira-t-on, *du principe des énergies spécifiques de* J. Mueller ? — A notre avis, en tant que ce principe règle les qualités sensorielles, il n'est évidemment d'aucune application possible à l'animal. Mais il a été étendu également aux réactions exclusivement physiologiques, et dit alors que l'excitation d'un nerf ou appareil nerveux produit des réactions toujours les mêmes au point de vue qualitatif, et ne pouvant différer qu'au point de vue quantitatif ? Ainsi entendu, ce principe doit être admis comme un axiome de la physiologie, aussi longtemps qu'on n'aura pas démontré que la nature de l'influx nerveux peut varier, même pour une seule et même fibre nerveuse. Seulement, il s'agit de

s'entendre sur ce qu'il faut entendre par différences qualitatives entre réactions physiologiques. Un appareil nerveux sécrétoire et un moteur diffèrent qualitativement. Et cette différence tient à l'organe réacteur auquel aboutit la chaîne des processus physiologiques, et non à la nature du processus dans la partie nerveuse de cette chaîne. L'influx nerveux n'est en soi-même ni moteur, ni sécréteur. — Mais nous voyons la sécrétion ou la motilité, provoquées par le même appareil nerveux (nerf centripète) varier beaucoup selon la manière dont il est excité. Eh bien ! Toutes ces différences dans la réaction doivent être envisagées comme des différences quantitatives, soit que dans un cas les mêmes éléments réceptifs soient plus fortement excités que dans l'autre, soit qu'un nombre variable d'éléments percepteurs puissent être intéressés, ou que l'excitation dure plus longtemps, etc. C'est ainsi que chez la grenouille décapitée, le pincement de la peau de la cuisse produit un autre mouvement réflexe que la cautérisation, et que celle-ci produit un tout autre mouvement selon que la patte du même côté est coupée ou non. Ce sont là toutes des différences quantitatives du même réflexe.

Pour revenir à nos organes récepteurs anélectifs, il se peut que le processus de la réception y diffère selon la nature de l'agent qui la provoque, bien que la chose soit discutable. Mais ce que la physiologie doit maintenir jusqu'à plus ample informé, c'est que la nature des cinèses nerveuses qui en résultent est toujours identiquement la même.

La notion de la vision dermatique est basée sur l'observation de photo-réactions chez les nombreux animaux chez lesquels on n'a pas encore décrit d'organes photo-récepteurs, puis sur certaines photo-

réactions chez les animaux armés d'organes photo-récepteurs électifs, d' « yeux » authentiques. Comme exemples du premier genre, on cite les photo-réactions des Euglènes, celles de certains Cœlentérés, celles de la plupart des Mollusques Lamellibranches, celles des Vers de terre et de l'Amphioxus. Des exemples du second genre sont notamment les Gastropodes, qui, après amputation des tentacules oculifères, présentent encore des photo-réactions. Quelques vertébrés, le Triton cristatus, la Grenouille verte, posséderaient également la vision dermatique (GRABER).

Tout en admettant la possibilité, la vraisemblance même d'organes récepteurs anélectifs et de la dermatoptique chez certains animaux, il importe de se souvenir qu'hier encore, une foule d'animaux, les Vers de terre et l'Amphioxus notamment, passaient pour des exemples d'animaux doués de la seule dermatoptique, et que d'après les dernières recherches, ils possèdent des organes photo-récepteurs bien spécialisés. Dès maintenant, nous devons admettre la possibilité que des recherches anatomiques ultérieures feront découvrir de ces organes chez des espèces qui passent pour en être dépourvues. Les recherches anatomiques sérieuses, dirigées dans cette direction, viennent seulement de commencer, et néanmoins les résultats positifs qu'elles ont fournis sont déjà tels qu'une réserve prudente, basée sur l'imperfection de nos connaissances anatomiques, soit de mise chaque fois qu'il s'agit d'admettre chez un animal la vision dermatique.

Nous ne perdrons pas une parole à propos de la vision dermatique de l'homme, bien que de nos jours

encore on la défende de loin en loin dans des ouvrages à allures plus ou moins scientifiques.

Nous regrettons que faute d'espace, nous ne puissions donner un aperçu des recherches anatomiques récentes de Hesse[1] surtout, d'Apathy[2] et d'autres sur les organes photo-récepteurs élémentaires. Hesse a découvert chez les Lombrics, à profusion, des cellules photrices isolées (grandes cellules hyalines) et non pigmentées, dans l'épiderme, dans le mésenchyme et même dans le système nerveux central. Le corps de ces animaux est littéralement parsemé de cellules photrices. Hesse décrit d'autre part ce qu'on peut appeler l' « ocelle unicellulaire » souvent isolée, pigmentée ou non, chez les Plathelminthes, également dans l'épiderme, dans le mésenchyme et dans le système nerveux central, puis en quantité dans le système nerveux central de l'Amphioxus. Ces mêmes cellules photrices groupées constituent les yeux des Platelminthes et d'une foule d'autres animaux. — Hesse décrit enfin la tache épithéliale photo-réceptrice chez les Méduses, les Étoiles de mer et chez beaucoup d'Annélides.

Un préjugé tenace s'est toujours opposé à la découverte des organes photo-récepteurs élémentaires, préjugé d'après lequel le pigment serait chose essentielle dans la constitution d'un tel organe. Cette opinion n'est fondée ni en théorie, ni en fait, ainsi que Hesse surtout l'a démontré à satiété.

Examinons d'un peu plus près les arguments de

1. Hesse (R.), in *Zeitschr. f. wissensch. Zool.*, 1896-1900, t. LXI-LXVIII (Mémoires successifs sur les yeux des Lombrics, des Plathelminthes, des Sangsues, de l'Amphioxus et des Annélides Polychètes).

2. Apathy (L'œil des Hirudinés), in *Communications de la station zool. de Naples*, 1897, p. 495 et *C. R. Congrès zool. internat. Cambridge*, 1898.

quelques partisans psychologants de la vision dermatique. — Nagel[1] admet que chez les animaux de ce genre, la peau, ou plutôt chaque cellule épidermique, donne naissance à un influx nerveux qualitativement différent selon qu'elle est excitée par des influences lumineuses, mécaniques, chimiques, etc., et que chaque qualité de l'influx nerveux provoque une sensation qualitativement différente. Le « sens de lumière » serait réuni dans un même organe avec le sens olfactif, etc. Le même organe voit, déguste, touche, etc. « Certains êtres unicellulaires, dit Nagel, ont un *pouvoir de perception* très délicat pour des variations de l'éclairage. D'autre part, ces mêmes cellules sont réceptives (empfänglich) pour des excitants thermiques. Pourquoi une telle pluralité de fonction serait-elle impossible pour certaines cellules *sensorielles*. » — Le lecteur soulignerait lui-même les expressions psychologiques de ce passage, et qui le rendent inacceptable. — La peau d'un Lamellibranche est pour Nagel un « *organe des sens à effets multiples* ». Le bras d'une méduse est même un « organe des sens universel ». — L'erreur fondamentale de cet auteur est de parler d'organes des sens et partant de sensations, alors qu'il s'agit simplement d'organes récepteurs provoquant des réactions motrices.

Au fond des idées sur la dermatoptique se trouve souvent le raisonnement suivant. Les sensations — il y en a toujours, bien entendu — chez les animaux inférieurs doivent être moins spécifiées que chez les animaux supérieurs ; au bas de l'échelle animale, elles sont confluentes en une seule, par exemple en une vague sensation générale. De ce fond commun « ancestral », elles se dégagent en montant l'échelle animale, mais avant qu'elles soient spécifiées tout à fait, elles auraient encore des rapports

1. Nagel, Der Lichtsinn augenloser Thiere, *Biol. Centralbl.*, 1894, XIV, pp. 385 et 810.

de famille. — C'est ainsi que RANKE[1] parle d'*organes des sens de transition*, c'est-à-dire d'organes produisant des « sensations » moins spécialisées que les nôtres. Chez les animaux inférieurs, manquant d'organes des sens, toutes les sensations, dit RANKE, sont représentées par la « sensa-« tion générale », dont les qualités constituantes sont représentées chez l'homme conscient par les « sentiments « du contentement » et du « mécontentement ». De cette forme fondamentale de la sensation se dégage, dans le développement du monde animal, et peu à peu, l'une sensation après l'autre. Les sensations visuelles de la sangsue pourraient encore avoir quelque chose de la sensation tactile et de la sensation gustative. La séparation des sensations ne serait pas même absolue chez l'homme, etc.

Avec TH. BEER, nous sommes d'avis que c'est là du pur galimatias psychologique, et que celui pour lequel cette « métaphysique » a un sens ferait mieux de renoncer aux études biologiques.

Des traces plus ou moins apparentes de ces idées psychologantes se rencontrent néanmoins chez des auteurs marquants. C'est ainsi que pour LEYDIG, les sangsues « tâtonnent » la lumière à l'aide de leurs yeux ; elles ne distinguent pas les objets eux-mêmes. ; leurs sensations visuelles auraient encore « quelque chose de tactile ».

Insistons davantage sur les idées que R. DUBOIS[2] se fait de la dermatoptique, d'après ses travaux, d'ailleurs absolument remarquables, sur la Pholade dactyle, un Lamellibranche dépourvu d'yeux. La Pholade, placée nue dans l'eau de mer, allonge bientôt son siphon et reste ainsi en place, aspirant et rejetant l'eau par le siphon. Vient-on à modifier rapidement l'éclairage, alors le siphon

1. RANKE. *Zeitschr. f. wissensch. Zool.*, t. XXV, 1875.
2. R. DUBOIS. *Anat. et Physiol. comparées de la Pholade dactyle*. Paris, 1892.

se contracte, comme si on le touchait. Une main déplacée rapidement entre l'animal et la lumière, un nuage de fumée qui passe, d'autre part une allumette éclatant dans l'obscurité, suffisent pour provoquer cette contraction. La photo-réceptivité en cause est répandue dans la peau de toutes les parties du corps exposées à l'air, mais elle est surtout marquée dans le siphon, et particulièrement aux points les plus pigmentés. — Remarquons que ce sont là des réactions typiques aux variations de l'éclairage.

Une faible lumière provoque une contraction vermiculaire du muscle superficiel du siphon, contraction qui se propage de proche en proche ; le siphon s'incurve vers le foyer lumineux. Si on augmente l'intensité lumineuse, brusquement, le siphon se redresse et se raccourcit, par une contraction du muscle profond. — Il faut savoir que dans la peau du siphon se trouve une couche musculaire superficielle, et que dans la profondeur il y a un gros muscle longitudinal. La photo-réaction superficielle est seule à se produire avec une faible lumière ou chez un animal qui a été soumis à des excitations antérieures multiples. La « fatigue » diminue vite et fait cesser la photo-réaction dans le muscle profond d'abord, puis celle du muscle superficiel. A ce moment, l'excitabilité électrique du muscle existe encore ; Dubois en conclut que la « fatigue » ne réside pas dans le muscle, mais dans l'organe photo-récepteur. Quant aux *longueurs d'onde* efficaces, les ultra-rouges et les ultra-violettes sont sans effet photo-moteur. Le spectre solaire agit dans toute l'étendue où il ébranle notre œil, mais la partie la plus efficace est notre jaune, puis vient (dans l'ordre décroissant) le vert, le bleu, le violet et enfin le rouge. Les radiations rouges (pour nous) provoquent une contraction ressemblant à celle produite par une faible lumière jaune, ou par une lumière blanche encore plus faible,

L'efficacité totale de la lumière blanche est approximativement égale à la somme des efficacités de toutes les radiations.

Les cellules épithéliales, dit Dubois, se prolongent par leur extrémité profonde, en continuité anatomique, dans les fibres contractiles superficielles, réalisant ainsi un appareil myo-épithélial. C'est le « système avertisseur ». Plus profondément est une couche de fibres nerveuses (couche neuro-conjonctive), en relation avec le système nerveux central; de ce dernier part un nerf moteur pour le muscle profond, longitudinal, du siphon. — Notons qu'il résulte des expériences de Dubois que réellement la photo-réaction du muscle profond suppose l'intervention du système nerveux central, au contraire de celle du muscle superficiel. — La lumière, dit Dubois, excite toutes les cellules épithéliales, et par leur intermédiaire, par continuité de substance, les cellules musculaires superficielles. Provoquée ainsi en un point du muscle superficiel, l'excitation se propage dans le muscle de proche en proche, à la manière dont cela se passe dans le muscle cardiaque. Mais la contraction du muscle superficiel excite mécaniquement la couche nerveuse, qui à son tour sollicite, par acte réflexe, la contraction du muscle profond. — Tout cela est parfait. La distinction entre les mécanismes nerveux des deux contractions est des plus intéressantes. Cependant, il ne nous semble pas ressortir de la partie anatomique du travail de Dubois que les fibres nerveuses n'aient aucun rapport de continuité avec aucune partie du système avertisseur. C'est là un point discutable.

Mais nous devons absolument nous séparer de Dubois lorsqu'il se met à psychologuer sur les sensations de la Pholade. Il commence naturellement par supposer des sensations chez cet Acéphale, puis il utilise une donnée expérimentale fort contestable. Nous avons dit que la

photo-réaction aux rayons rouges (pour nous) est semblable à celle qui résulte d'une lumière blanche très faible. Dubois relève toutefois dans les graphiques de ces contractions une très faible différence pour ce qui regarde la vitesse avec laquelle se produit la contraction dans les deux cas (partie ascendante de la courbe), différence problématique d'après nous, et sur laquelle l'auteur passe d'ailleurs rapidement, et surtout trop rapidement pour y asseoir des déductions d'une importance extrême. Non seulement Dubois suppose des sensations lumineuses chez la Pholade, mais, dit-il « la sensation d'intensité lumineuse dépend de l'amplitude de la contraction dermatoptique du système avertisseur, tandis que la sensation chromatique résulte de la vitesse plus ou moins grande de cette contraction. » — Pour étayer cette interprétation psychologique d'un processus physiologique, Dubois donne le nom d'*impression* à la modification fonctionnelle dans son système avertisseur. Cette impression comprend donc et notre photo-réception et l'une des deux photo-réactions de la Pholade. — La *sensation*, continue Dubois, se compose exclusivement de l'ébranlement à la terminaison nerveuse provoquée par l'impression. Mais la *sensation* peut être *latente* ou bien *perçue*. Dans ce dernier cas, l'ébranlement nerveux phériphérique se transmet de proche en proche le long des nerfs jusqu'aux autres percepteurs, et y éveille la *perception*. Enfin, cette perception peut-elle aussi être *inconsciente* ou *consciente*.

Dubois donne donc le nom de sensation à l'ébranlement de l'extrémité nerveuse périphérique, à un processus physiologique dont nous connaissons dès maintenant quelque chose, et qu'on s'accorde à nommer « influx nerveux ». Le nom de sensation, désignation psychologique, est ainsi appliqué à un fait d'ordre physique. Et dans l'opinion de l'auteur, ce processus physiologique aurait réellement « quelque chose » de psy-

chologique, bien que ce « quelque chose » ne fasse pas partie de notre conscience. Dès que le mot « visuel » y est, l'idée de quelque chose de « visuel » se présente immédiatement. D'un autre côté, la signification que généralement les psychologistes attribuent au mot « sensation » est tout d'un coup attribuée au mot « perception ». Si le phénomène physiologique est seulement « perçu » dans un centre percepteur, il ne l'était donc pas à la périphérie. Il y a enfin les sensations conscientes et les sensations inconscientes, une hypothèse contre laquelle on ne saurait trop s'élever. — Le procédé de Dubois est du reste celui que nous ne cessons de dénoncer comme archifautif : il commence par supposer des sensations, puis il emploie des termes psychologiques dans de nouvelles acceptions, ce qui néanmoins ne l'empêche pas de les employer dans leur première signification. De cette manière Dubois arrive à dire qu'*à l'aide de son œil élémentaire, la Pholade est capable d'écrire elle-même ses impressions lumineuses et chromatiques.* — Cette phrase, nous le voulons bien, est une licence poétique ; mais la poésie est dangereuse dans un livre de science.

Notons enfin qu'en supposant que tout cela soit vrai, ce ne seraient pas des sensations visuelles, mais plutôt des sensations tactiles que la Pholade éprouverait. Le problème de la photo-réception resterait tout entier à élucider, confiné dans les cellules épithéliales de la Pholade, et ce côté de la question n'a nullement été touché par l'auteur.

Willem[1] a fait des recherches importantes sur la dermatoptique chez les Gastropodes, sur lesquelles nous reviendrons encore à propos de l'icono-réaction (acuité visuelle). Il a prouvé notamment que les Gastropodes

1. Willem (V.). De la vision chez les Mollusques Gastropodes pulmonés, in *Arch. de Biol.*, 1892, t. XII, p. 57.

munis d'yeux effectuent des photo-réactions après enlèvement de leurs yeux. Ils ont donc la vision dermatique.

Après avoir très judicieusement posé les vrais principes, en discutant le travail de DUBOIS, WILLEM[1] tombe lui-même dans l'erreur qu'il vient de combattre. « Il me paraît rationnel d'admettre, dit-il, que les excitations lumineuses de la peau (dans la vision dermatique), différant essentiellement des ébranlements dus au contact, à la chaleur, donnent naissance dans le sensorium à des sensations qui possèdent un caractère propre, qui les distingue des sensations de douleur, de chaud, de froid, et qui en fait de véritables sensations d'optique. »

Nous sommes d'accord avec WILLEM qu'une photo-réception, une tango-réception, etc., diffèrent essentiellement entre elles, mais elles ne diffèrent sûrement que lorsqu'elles se produisent dans des organes différents et spécialisés. Ces deux espèces de réceptions donnent néanmoins naissance l'une et l'autre à un processus nerveux identiquement le même. Et si chez l'homme (et probablement chez les animaux supérieurs), elles produisent des sensations différentes, ce n'est pas parce que la réception ni même le courant nerveux diffèrent, mais parce que l'influx nerveux est conduit l'une fois dans le centre cortical optique, l'autre fois dans le centre cortical tactile. — Il semble à WILLEM « que l'excitation provoquée par la lumière doit avoir *quelque chose* de la nature de la lumière ». — Un « quelque chose » de l'agent physique serait ici, d'après nous, de « nature vibratoire ». Mais ce n'est pas ainsi que l'entend WILLEM. Il commence par attribuer à l'agent physique « quelque chose » de la sensation (supposée), puis ce « quelque chose de lumineux », il le réfléchit sur

1. LE MÊME. Sur les perceptions dermatoptiques, in *Bull. scientif. etc., de Giard*, 1891, t. XXIII.

la photo-réception, et ainsi de suite. Des raisonnements pareils, échappés aux meilleurs auteurs, démontrent *ad oculos* la nécessité absolue d'une nouvelle nomenclature, objectivante, et qui nous dispense d'employer une expression psychologique pour désigner un processus purement physique (ou physiologique). — En un autre endroit, les sensations ne suffisent pas à WILLEM comme cause des mouvements visuels des Gastropodes ; il lui faut encore des sentiments de « plaisir » et de « déplaisir » provoqués par ces sensations.

FOREL[1] relève que « GRABER n'a pas démontré que les sensations produites par la lumière agissant sur la peau, soient d'une qualité particulière, spéciale, différente des sensations de douleur, de chaleur, de froid, de toucher ; qu'il n'est pas démontré que l'animal puisse à leur aide reconnaître quoi que ce soit, ni distinguer un objet bleu d'un objet rouge, par exemple. La qualité de ces sensations pourrait bien être voisine de nos sensations de froid, de chaud, et tout à fait différentes de nos sensations optiques ». — Quelque sensé que paraisse ce raisonnement à première vue, le point de départ en est faux, en ce sens qu'il commence par l'hypothèse de sensations en général. Aussi l'auteur arrive-t-il à la conclusion suivante : « l'animal ne « voit » pas par la peau ; il « sent » seulement la lumière, ses degrés et la longueur de ses ondes. — Nous disons non, il ne voit pas, si par ce mot on entend, comme le fait FOREL, le représentation visuelle, psychique d'un objet. Nous ne savons pas davantage si l'animal « sent » quoi que ce soit. Et s'il sentait les longueurs d'onde, ce serait bien de la chromatopsie pure, au même titre que celle de l'homme.

1. FOREL. Psychologie comparée. *L'Année psychologique*, 1896.

XII. **Du spectre photo-effecteur (rayons lumineux qui produisent des photo-réactions).** — Chose assurément remarquable, malgré les différences énormes dans la constitution anatomique des organes photo-récepteurs, il semble que les rayons qui impressionnent la rétine humaine sont efficaces également chez les animaux à travers toute la série animale, et que les rayons « visuellement » inefficaces chez l'homme, le sont également chez les animaux ; le spectre photo-effecteur des animaux est en somme partout le même et se couvre avec le spectre lumineux de l'homme. Cette conclusion se dégage très sensiblement des travaux de R. Dubois, Willem, Loeb, Nagel, P. Bert, Engelmann, etc. — Les assertions discordantes de Graber, Lubbock et Forel demandent à être examinées de plus près. D'après ces auteurs, les fourmis notamment seraient réceptives pour les rayons ultra-violets.

Vers le milieu de ce spectre cette action est au maximum, à partir duquel elle diminue. Or, le maximum du spectre lumineux de l'homme est dans le jaune. Le maximum photo-effecteur des animaux serait un peu plus vers le bleu ou dans le bleu lui-même. La courbe des intensités de ce spectre se couvrirait donc sensiblement avec la courbe des intensités lumineuses de l'homme qui ne regarde qu'à l'aide de ses bâtonnets (dans l'obscurité, voir plus loin). De cette similitude, on pourrait argumenter que dans toute la série animale, le processus de photo-réception est de nature chimique, et consiste dans la transformation d'une erythropsine, substance que d'ailleurs Hesse a trouvée dans certaines cellules photrices élémentaires.

XIII. **Adaptation des organes photo-récepteurs pour certaines intensités lumineuses.** — Nous avons déjà touché (p. 44) la question de l'adaptation des organes photo-récepteurs. Revenons-y, pour la raison que bon nombre des faits afférents ici sollicitent encore souvent des explications psychiques, alors que certainement le déterminisme en est purement physiologique.

La question intégrale est celle de savoir à partir de de quelle intensité minimale la lumière (solaire par exemple), commence à produire une réaction (*seuil* de la réceptivité), puis jusqu'où cette intensité peut croître sans produire des effets pathologiques.

Sous le rapport du minimum de lumière efficace, il y a d'énormes différences d'un animal à l'autre. Les insectes ailés nocturnes sont mis en mouvement par des intensités absolument inefficaces pour les espèces diurnes. Une intensité suffisante pour provoquer le vol (héliotropique) chez un papillon nocturne est insuffisante pour mettre en mouvement un papillon diurne. Les abeilles ressemblent sous ce rapport aux papillons diurnes. Une intensité faible, mais efficace, provoque chez le papillon diurne et chez l'abeille des mouvements de marche ; pour qu'elle excite le vol, elle doit être forte (lumière solaire). Les oiseaux diurnes ressemblent, au degré près, aux abeilles. Leurs photo-réactions ne se produisent plus avec une lumière faible qui nous permet à nous de nous guider très bien et de lire. Au contraire, les oiseaux nocturnes (hiboux) et les chauves-souris se guident à une intensité lumineuse tellement faible qu'elle est presque sans effet photo-moteur pour l'homme.

Les organes visuels des abeilles, des papillons diurnes, des oiseaux diurnes, etc., sont, comme on dit, « adaptés » pour une forte lumière ; ceux des papillons nocturnes, des hiboux, d'autres animaux encore (mammifères nocturnes) sont adaptés pour une faible lumière. Des intensités supportables pour les oiseaux diurnes (les papillons diurnes et les abeilles) ne le sont plus pour l'œil humain, et des différences pareilles existent entre invertébrés, selon qu'ils ont des mœurs diurnes ou nocturnes. En résumé, chaque animal a un *optimum* de l'éclairage, pour lequel on le dit « adapté ». A une lumière plus faible, il « est aveugle », alors qu'un autre animal « y voit » encore très bien. Une clarté favorable pour un animal peut éblouir, « aveugler » un autre.

L'oiseau nocturne y voit encore à une clarté inefficace chez l'oiseau diurne. L'homme est ébloui par une clarté (lumière solaire directe) bien supportée par l'oiseau diurne. Les chauves-souris et les hiboux, la mite, etc., sont éblouis par la lumière diffuse du jour et ne volent que la nuit, à une lumière très faible, efficace et non éblouissante pour eux.

A côté de cette « adaptation constante », il y a une « adaptation variable », au moins chez beaucoup d'espèces, notamment chez l'homme. Si après un séjour prolongé dans un appartement obscurci, nous allons dans une grande clarté, nous sommes d'abord aveuglés, éblouis. Et si après nous être adaptés à cette forte lumière, nous retournons dans la faible clarté, nous n'y voyons d'abord rien, jusqu'à ce que notre organe visuel se soit de nouveau adapté à cette faible clarté. Une adaptation variable du même genre existe

chez beaucoup de mammifères, même à un plus fort degré que chez l'homme. Le chat, le chien, le cheval y voient au grand jour, mais aussi à une clarté qui est à peu près sans effet photo-moteur pour nous, à laquelle nous n'y « voyons » pas.

Les deux espèces d'adaptations semblent résulter de mécanismes périphériques, situés dans l'organe photo-récepteur ou dans son voisinage immédiat. La mieux étudiée est l'adaptation variable. Chez l'homme elle est double (voir plus loin) ; elle est due aux variations (réflexes), du diamètre pupillaire, et puis aux migrations (phototropiques ?) du pigment rétinien, qui à la clarté émigre autour des cônes et des bâtonnets, et les met plus ou moins à l'abri de la lumière. Le pigment joue le rôle d'écran opaque mobile, sans lequel la forte lumière épuiserait trop vite les substances photrices (rouge rétinien, etc.). L'adaptation pupillaire est plus rapide ; elle disparaît du reste dès que la seconde est réalisée. — L'adaptation variable semble réalisée chez tous les vertébrés de la même façon que chez l'homme. Le jeu pupillaire de certains requins (chats de mer), mais aussi celui des Céphalopodes littoraux, est très énergique. A la clarté du jour, leur pupille se ferme tout à fait (Th. Beer)[1] ; c'est la raison pour laquelle ces animaux restent immobiles (dorment) pendant le jour. Dans une faible clarté, leurs pupilles se dilatent, et à l'approche de la nuit seulement ils se mettent en mouvement ; et alors la lumière d'une allumette suffit pour faire contracter énergiquement la pupille des

1. Th. Beer. *Loc. cit.*, p. 68.

Céphalodes. — Chez les Céphalopodes littoraux, l'adaptation rétinienne, analogue à celle de l'homme, semble elle aussi aller au point d'écarter toute lumière de l'élément photo-récepteur. Les cellules rétiniennes renferment du pigment qui à l'obscurité s'amasse à leurs extrémités proximales. Au jour, ce pigment émigre dans le bâtonnet, jusqu'à son extrémité distale, de façon à constituer un fourreau opaque à toute la fibre centrale (nerveuse?) du bâtonnet (RAWITZ [1]). — Les Céphalopodes pélagiques ne présentent pas ces rétrécissements extrêmes de la pupille, ni les migrations du pigment rétinien ; ils se mettent en chasse au grand jour. — Une adaptation rétinienne d'un genre un peu différent se rencontre dans les yeux composés des insectes nocturnes. A l'obscurité, du pigment est disposé autour des cônes cristallins des ommatidies ; au grand jour, il émigre en arrière, vers les rétinules. Il se pourrait qu'il en résultât un certain aveuglement, qui forcerait l'animal à se reposer au grand jour. Il se pourrait aussi qu'une émigration moins prononcée du pigment permît à l'insecte d'y voir à un éclairage qui sans elle serait trop fort, éblouirait.

A la page 44, nous avons rapproché des phénomènes d'adaptation le fait que chez les métazoaires inférieurs la photo-réaction à des variations de l'éclairage cesse de se produire après quelques essais répétés. Le mécanisme de cette adaptation est inconnu.

Quant au mécanisme physiologique de l'adaptation constante, il n'est pas suffisamment expliqué dans

1. RAWITZ, cité par Th. BEER.

tous les cas. Chez les vertébrés nocturnes, il paraît tenir à la circonstance que ces animaux ne possèdent dans leur rétine que des bâtonnets, qui, grâce à leur érythropsine, sont excitables par des intensités lumineuses faibles, incapables d'exciter des cônes. Les oiseaux diurnes doivent leur cécité nocturne à l'absence de bâtonnets dans leur rétine. Les vertébrés à mœurs diurnes et nocturnes paraissent tous posséder des cônes et des bâtonnets. — Il se pourrait que les invertébrés nocturnes possèdent des substances photrices (rouge rétinien) encore plus facilement altérables que celles des animaux diurnes. C'est à voir. Peut-être que la disposition du pigment y est aussi pour quelque chose.

XIV. **La complication des photo-réactions ne marche pas de pair avec la complication croissante de l'organe photo-récepteur.** — On se figure généralement que la complication croissante de l'organe photo-récepteur est accompagnée d'une complication parallèle de la fonction visuelle totale, c'est-à-dire des photo-réactions. — Voici, en langage psychologant, le raisonnement habituel. Un organe « visuel » élémentaire, réduit à une tache pigmentaire, à une seule cellule photrice, ou encore à un ensemble de telles cellules, mais simplement disposées en mosaïque épithéliale, ne peut procurer que des « sensations » visuelles ne différant que par leur intensité; il ne saurait servir à signaler que des variations dans l'éclairage. L'organe en effet est touché par la lumière dans son ensemble, ou il ne l'est pas du tout. Rien ne peut renseigner sur la « direction » de la source lumineuse. Mais lorsque

l'organe photo-récepteur se creuse en calice, surtout pigmenté à sa périphérie, sauf une ouverture distale, son fond étant tapissé de cellules photrices (autrement dit en cas d'ocelle composée), alors dans une position déterminée de la source lumineuse, telles cellules photrices sont éclairées, dans une autre, d'autres cellules le sont. Un organe visuel pareil peut « renseigner » l'animal sur la situation, l'orientation, la direction de la source lumineuse. On suppose donc que l'animal ait des perceptions visuelles, et une certaine représentation psychique des objets visuels. Dire qu'un tel œil peut « signaler » à l'animal la situation de la source lumineuse, suppose déjà un élément psychique.

Débarrassé de ses impedimenta psychologiques, le raisonnement prend la forme suivante. Une simple cellule photrice, ou un ensemble de cellules photrices disposées en mosaïque, est affecté par la lumière ou il ne l'est pas ; s'il l'est, c'est toujours dans son ensemble. Les photo-réactions ne peuvent donc différer que par leur intensité. Mais dans l'œil caméraire, ou dans l'ocelle pigmentée, ou encore dans l'œil composé des Arthropodes, les éléments photo-récepteurs influencés diffèrent avec l'orientation de la source lumineuse (par rapport au corps de l'animal) ; dès lors là photo-réaction peut différer selon l'orientation de la source lumineuse, et elle se complique en conséquence.

Nous n'avancerions en rien la question en continuant ce raisonnement déductif, et en relevant toujours ce qui devrait être d'après certaines de nos idées. Voyons ce qui est réellement. — Or, nous allons

constater que les photo-réactions sont loin de se compliquer au fur et à mesure que la complication augmentante de l'organe récepteur *semble* se prêter à cette complication fonctionnelle. Nous verrons la photo-réaction conserver longtemps son caractère de simplicité, que l'animal n'ait pas d'organe photo-récepteur électif ou qu'il en ait un même très compliqué, caméraire, comparable à celui de l'homme. C'est ainsi que les photo-réactions des Gastropodes (et des araignées) sont en somme les mêmes que celles de la chenille, et cependant on ne connaît pas d'organe photo-récepteur chez celle-ci, alors que les Gastropodes et les Araignées en ont de caméraires, celui des Gastropodes ayant même une cornée, une chambre antérieure, un cristallin, un corps vitré et une rétine, etc. — Cet état des choses surprenant devient plus ou moins compréhensible si on considère que la complication de l'organe récepteur est une condition de la complication des photo-réactions, mais qu'elle n'en est pas la condition unique. La complication de la réaction dépend tout autant du système nerveux central, et même du système musculaire. Munissez d'un œil caméraire un animal n'ayant qu'un ou deux muscles ; ses photo-réactions n'en seront pas plus compliquées.

XV. **Photo-réactions univoques et plurivoques. Valences motrices des photo-réceptions.** — Établissons une distinction importante entre les photo-réactions, selon qu'elles sont « univoques » ou « plurivoques ». Chez certains animaux, la réaction est toujours identiquement la même, quelle que soit l'orientation de la

source lumineuse par rapport à l'animal ; chez d'autres cette réaction diffère avec l'orientation de la source lumineuse par rapport à l'animal.

Tout d'abord, finissons-en définitivement avec les photo-réflexes locaux qu'on rencontre chez quelques animaux inférieurs. Nous n'aurons ensuite affaire qu'à des photo-réflexes passant par un système nerveux central. — Chez la Pholade dactyle, la contraction superficielle du siphon (p. 56) est un exemple de photo-réflexe local. A n'envisager que l'effet total de la contraction sur la forme (incurvée) du siphon, la réaction différerait par exemple selon que les organes photo-récepteurs droits ou gauches sont excités, et un esprit psychologant pourrait trouver ici déjà matière à s'exercer. En fait, la réaction est toujours essentiellement la même, *univoque* ; elle paraît *plurivoque* (incurvation du siphon à droite, à gauche, etc.) pour la même raison qui fait que l'éclairement d'une euglène provoque un mouvement chez elle, et non pas chez une autre, voisine, et que l'éclairement d'une autre fait mouvoir celle-ci et non pas la première.

Une fois que les photo-réflexes ne sont plus locaux, et supposent l'intervention d'un système nerveux central, ils sont, dès leur apparition, au bas de l'échelle animale, franchement *univoques*, et ils restent tels malgré une complication de l'organe visuel qui aurait fait attendre toute autre chose. Ce sont d'abord les réactions héliotropiques. A première vue, cette réaction est plurivoque, puisque l'animal avance dans des directions les plus diverses, selon la direction de la lumière. Mais à ne considérer que son

déterminisme physique et physiologique, cette réaction est toujours absolument univoque; elle a toujours pour effet de placer l'animal à symétrie bilatérale de façon que des parties symétriques du corps soient également éclairées, et que le plan de symétrie s'oriente dans la direction de la lumière, puis de faire avancer indéfiniment l'animal en maintenant cette orientation[1].

Le déterminisme (physiologique) du caractère univoque des héliotropies reste à élucider. Nous ne pensons pas qu'avec Lœb il faille se contenter de constater le fait, et de se borner à dire que c'est la propriété du protoplasme de se placer toujours de façon que les parties symétriques du corps soient également éclairées (Voir aussi, p. 38).

Passons aux réactions à des variations de l'éclairage. A travers des classes entières, ces réactions

1. On parle ici de directions différentes, parce qu'on suppose dans l'animal héliotropique une conscience humaine avec toutes ses modalités, notamment celles relatives à l'espace. Nous verrons que les directions multiples de l'espace visuel chez l'homme sont les faits psychiques corrélatifs à des mouvements héliotropiques multiples, plurivoques, et qui coexistent (au moins dans leur partie nerveuse). Les conditions sont tout autres chez l'animal inférieur héliotropique; la photo-réaction y est toujours univoque. Si on voulait à toute force « métaphysiquer » ici, il faudrait d'abord relever que chez la chenille, chez l'asticot en mouvement héliotropique, l'innervation résultant de la photo-réception est absolument prédominante, en quelque sorte la seule. On pourrait dire que ces animaux vivent (visuellement) dans une seule dimension de l'espace, puisque pour eux le monde se réduit à la direction d'une seule lumière et à quelques vagues obstacles qu'ils rencontrent (tactilement) sur leur route.

restent absolument univoques, consistent en un simple retrait de tout le corps ou de parties du corps, puis, s'il y a lieu, en l'occlusion de valves protectrices. L'effet est toujours identiquement le même. A travers des classes entières, c'est là, concurremment avec l'héliotropisme, la seule photo-réaction, depuis les Euglènes jusqu'aux Mollusques acéphales et Gastropodes, y compris quelques Arthropodes à yeux composés.

La raison physiologique du caractère univoque des réactions aux variations d'éclairage, nous la saisissons très bien chez la pholade. Chez ce mollusque, une forte variation de l'éclairage provoque (p. 56) toujours une rétraction du siphon, résultant de la contraction du muscle siphonien profond. Ce muscle étant unique, c'est là la seule photo-réaction possible. Cependant, si l'innervation était telle que tantôt l'une partie du muscle, tantôt l'autre, pourrait être innervée isolément, le photo-réflexe pourrait imprimer au siphon des inflexions latérales. — Ainsi apparaît clairement l'influence exercée par le système nerveux central et le système musculaire sur la complication des photoréactions. Suivant une locution beaucoup employée, toute photo-réception de la pholade dactyle innerve un mécanisme nerveux de raccourcissement du siphon. De plus, c'est là le seul effet moteur des photo-réceptions : chez cet animal, les photo-réceptions les plus diverses ont une seule *valence motrice*, celle de raccourcir le siphon.

Ainsi en est-il des réactions qu'une foule d'animaux inférieurs exécutent sous l'influence des variations de l'éclairage. Tels les mollusques acéphales, dont quel-

ques-uns seulement sont munis d' « yeux » ; tels les gastropodes, malgré leur œil compliqué à l'instar de celui des vertébrés. Leurs photo-réceptions ont une seule valence motrice, parce que leur système nerveux central est constitué d'une certaine manière.

Les conclusions précédentes ne sont pas précisément celles auxquelles arrivent divers auteurs. Pour les rendre plus plausibles, insistons un peu sur les travaux de Willem relatifs aux photo-réactions chez les mollusques gastropodes. — Ces animaux sont doués, les uns d'héliotropisme positif, les autres d'héliotropisme négatif : ils sont, comme le dit Willem, les uns leucophyles, les autres leucophobes. Voilà pour la direction générale de la locomotion incitée ou au moins réglée[1] par des photo-réceptions. Reste l'orientation des gastropodes parmi les menus obstacles. Elle est certainement en majeure partie le fait des tango-réceptions, qui sont extrêmement développées chez ces animaux. Très accessoirement l'animal est « guidé » parmi les obstacles par ses photo-réceptions, et cela uniquement par des réactions univoques aux variations de l'éclairage. Willem décrit très bien comment l'animal se guide en « tâtonnant », heurtant souvent ses tentacules oculifères, la marche n'étant influencée, arrêtée par un obstacle que tout au plus à deux millimètres. Des objets plus gros sont « perçus diffusément » par le colimaçon à un centimètre environ.

1. Il importe dès maintenant de faire la distinction entre les mouvements excités et réglés par des photo-réceptions et ceux (les plus nombreux) excités par d'autres réceptions, mais seulement *réglés*, en voie d'exécution, par des photo-réceptions.

Or, nous le demandons, qu'est-ce que cette distinction visuelle de la forme des petits objets qui n'est « passable » qu'à la distance d'un ou deux millimètres? Quant à la « perception diffuse » des objets plus gros à la distance d'un centimètre, pour autant qu'elle est visuelle, nous ne pouvons y voir, de même que dans la perception visuelle d'objets plus petits, qu'une simple réaction aux variations de l'éclairage. — Somme toute, nous ne découvrons chez les gastropodes, malgré la grande complication de leurs yeux caméraires, que deux genres de photoréactions, toutes les deux absolument univoques : des héliotropies et des réactions aux variations de l'éclairage.

La même conclusion se dégage identiquement des recherches de Nagel sur la « vision » chez les Cœlentérés et les Mollusques Acéphales.

Venons-en aux *réactions plurivoques* à des variations de l'éclairage. Il s'agit d'abord, au bas de l'échelle, de véritables locomotions de tout le corps, de *photo-réflexes sur le corps*. Un bon exemple nous en est fourni par les Insectes ailés. — Une mouche s'envole à droite lorsqu'on approche d'elle un corps visuel à gauche ; elle « fuit » à gauche si on approche un objet à droite, etc., alors qu'une limace, un colimaçon, etc., exécute toujours la même réaction à l'apparition d'un objet quelconque, visuellement efficace, n'importe quelle soit son orientation par rapport à l'animal.

Dans le langage psychologique, la Mouche « voit » qu'un danger s'approche, le « juge » tel, cherche le moyen de s'esquiver, combine des plans à cet effet,

délibère et choisit le moyen qui lui paraît le plus « approprié », celui qu'elle « sait » être le plus approprié d'après ses expériences antérieures, etc., etc. De même, en cas de photo-réactions univoques, la Limace, par exemple, « sait » (par l'expérience) que la fuite ne lui servirait à rien, que ce qu'il y a de plus sage à faire en la circonstance, c'est de se rouler en boule, de « faire le mort », ou pour le colimaçon de se retirer dans sa coquille. On suppose une localisation psychique anthropomorphe partout où à un examen superficiel, l'organe photo-récepteur semble s'y prêter ; c'est-à-dire sur la foi d'un simple raisonnement par analogie.

Le physiologiste ne peut voir dans les photo-réactions des animaux que le résultat du fonctionnement de mécanismes physiologiques, mis en mouvement ou réglés par des photo-réceptions. Il ne peut y avoir le moindre doute que chez les Polypes, les Lamellibranches et les Gastropodes, les photo-réactions sont toutes univoques, et cela de par l'organisation même de ces animaux. Il n'est pas moins certain que si chez d'autres animaux les photo-réactions sont plurivoques, à effets multiples, c'est parce que l'organisation le permet et même l'exige.

Lorsque l'objet visuel apparaît à droite de la Mouche, il influence d'autres cellules photo-réceptrices que lorsqu'il apparaît à gauche. Mais cela ne suffit pas. Il faut de plus que par le moyen du système nerveux central, les cellules photo-réceptrices différentes soient reliées à des muscles différents. Suivant une locution beaucoup employée, telles cellules photo-réceptrices seraient reliées à un mécanisme

nerveux pour le vol à droite, tandis que d'autres seraient reliées à un mécanisme pour le vol à gauche. De même aussi et pour des raisons identiques, lorsque chez l'homme on excite la peau de la main, il survient un autre mouvement réflexe (de défense) que lorsqu'on excite le gros orteil; l'excitation de l'index provoque un autre réflexe que l'excitation du pouce.

Très démonstratives à cet égard sont les expériences dans lesquelles on supprime chez les arthropodes les réceptions d'une partie des organes visuels, soit en les excisant, soit en les noircissant (Loeb, Bethe, Holmes[1], Axenfeld[2], Radl[3]). Si on pousse à se mouvoir un décapode, une mouche, etc. dont on a noirci un œil, l'animal exécute toujours un mouvement de manège, dont le sens diffère selon que l'espèce est douée d'héliotropisme positif ou négatif. La mouche, à l'héliotropisme positif, tourne vers l'œil non couvert. Le mouvement est surtout prononcé si on noircit les moitiés homonymes des deux yeux (Axenfeld).

On conçoit que les explications psychologiques de ces observations n'ont pas fait défaut. La mouche « voit » un obstacle opaque du côté de l'œil noirci, et voulant l'éviter, elle s'en écarte, etc. — Ces explications un peu enfantines ne sauraient nous satisfaire. Axenfeld et Radl relèvent le caractère obligé, forcé, du phénomène, et le mettent en rapport avec les effets héliotropiques. — Chez les arthropodes à photo-réactions plurivoques, les or-

1. Holmes. Phototaxis in the Amphipoda. *Amer. Journ. of Physiol.*, t. V, 1901.

2. Axenfeld. De quelques observ. sur la vue des Arthropodes. *Arch. ital. de biol.*, 1899.

3. Rädl. *Untersuch. über d. Phototropismus der Thiere.* Leipzig, 1903.

ganes photo-récepteurs d'un côté exerceraient sur les muscles du même côté une action tonique contre-balancée par l'action analogue de l'autre côté[1]. L'une d'elles étant supprimée, l'autre devient prédominante. De même chez les vertébrés et chez l'homme, le cervelet (et les stato-réceptions) exercent sur les muscles (du côté opposé) une action tonique, dont la suppression unilatérale rompt l'équilibre et produit des maintiens et des mouvements forcés (de manège, etc.).

Nous sommes loin de connaître exactement les mécanismes nerveux en cause. Provisoirement, nous pouvons parler de « *valences motrices* » ou de « motricités » différentes pour les diverses cellules photo-réceptrices. Certes, ce terme est une étiquette collée sur un ensemble de processus physiologiques. Mais c'est une étiquette physiologique, et comme telle préférable aux étiquettes psychologiques signalées plus haut. Il est aussi légitime de parler de la motricité d'une photo-réception que de celle des centres moteurs corticaux, par exemple de celle du centre cortico-moteur pour le bras.

Un détail qui ne saurait être trop relevé, c'est que les photo-réactions plurivoques s'observent seulement chez les animaux doués de mouvements locomoteurs rapides et variés ; on peut même dire qu'elles y sont de règle. Cependant, certains Mille-pieds, cer-

1. Il paraît qu'en cas de noircissement d'un œil d'Arthropode, les muscles du même côté ont perdu de leur tonicité (Rädl.). Les photo-réceptions exerceraient donc sur les muscles du côté homonyme une action tonique réflexe, absolument comme les stato-réceptions.

taines fourmis, doués de mouvements assez rapides et variés, paraissent ne disposer que de photo-réactions univoques. C'est le moment de nous souvenir que les photo-réactions compliquées sont fonction de la complication et de l'organe récepteur, et du système nerveux central, et du système musculaire. L'organe photo-récepteur, avons-nous dit, a beau être compliqué ; si ses divers éléments sont reliés fonctionnellement aux mêmes muscles, il n'aura qu'une seule motricité, ne produira que des mouvements univoques. Inversement, le système musculaire a beau être compliqué ; du moment qu'il est également relié aux divers éléments photo-récepteurs, les photo-réceptions n'auront toutes qu'une seule motricité. Effectivement, les mille-pieds et certaines fourmis ont des yeux relativement simples. Encore une fois, la complication plus ou moins grande des photo-réactions est fonction et de l'organe récepteur, et du système nerveux central, et des muscles.

A certains égards donc, les photo-réactions plurivoques sont-elles aussi univoques. Elles ne sont plurivalentes que pour autant qu'on considère l'organe récepteur dans son ensemble comme un organe unique. En réalité, chaque élément photo-récepteur constitue, avec ses connexions nerveuses et musculaires, un organe visuel, ou plutôt un organe photo-réacteur à part, à réaction univoque. Et si la réaction peut varier pour une photo-réception du même élément récepteur, si la Mouche ne s'éloigne pas toujours mathématiquement dans la même direction, devant un objet visuel apparaissant à gauche, par exemple, c'est que d'autres réceptions, visuelles

notamment, viennent influencer, « régler » la réaction. Celle-ci, à un moment donné, est la résultante motrice de toutes les réceptions (tango-, chémo-, etc., réceptions). Souvent alors le mouvement doit être envisagé comme excité par une réception déterminée, et « réglé » par les autres.

Des diverses photo-réceptions qui, à un moment donné, coexistent chez le même animal, souvent celle d'un seul élément récepteur semble produire une réaction, à l'exclusion des autres. Généralement tous ou à peu près tous les éléments photo-récepteurs de la Mouche sont excités (puisque éclairés), et néanmoins une seule de ces photo-réceptions provoque la réaction. Une seule de ces « motricités » définies à l'instant sort ses effets. La psychologie aime à offrir ici les services (reconnaissance du danger, délibération, volition, etc.) ; mais la physiologie doit refuser cette offre par trop obligeante. — Si tout ne nous trompe, il s'agit là le plus souvent de réactions à des différences d'éclairage. Nous avons vu qu'un éclairage devient surtout efficace par les variations de son intensité (p. 43). Lorsque plusieurs valences photo-motrices sont éveillées simultanément, elles ne peuvent évidemment pas toutes sortir leurs effets en même temps. Mais l'une d'elles devient prédominante par la variation de la réception correspondante. Effectivement, un objet lumineux ne devient « visuellement » efficace pour la Mouche que si l'éclairement des éléments photo-récepteurs change, ce qui arrive notamment si un objet se meut. Nous disons alors qu'il s'agit d'une « moto-réception » et d'une « moto-réaction » (voir plus bas).

Signalons enfin que chez les vertébrés supérieurs, y compris l'homme, le phénomène de l' « ATTENTION » peut rendre efficace une photo-réception qui sans elle ne le serait pas. A propos de la vision humaine, nous essayerons de descendre la notion de l'attention de sa hauteur psychique, et de la ramener sur le terrain physiologique. Là aussi nous reprendrons la question des photo-motricités multiples. Enfin, nous y envisagerons l'influence exercée sur les photo-réactions par les mouvements oculaires.

XVI. **Moto-réceptions et moto-réactions.** — C'est S. EXNER[1] qui à notre connaissance a appelé le premier avec instance l'attention sur ce fait que chez la plupart des animaux, même très élevés dans la série, un objet ne provoque généralement un mouvement visuel qu'en se mouvant. Il peut être avantageux de parler ici de « *moto-réceptions* » et de « *moto-réactions* ». Il y a, bien entendu, des moto-réactions non visuelles, provoquées notamment par des tango- et des sono-réceptions. Comme nous ne les envisageons pas ici, nous parlerons de moto-réceptions et de moto-réactions tout court, sachant que nous entendons celles dues à des photo-réceptions.

A tout prendre, les réactions univoques à des variations de l'éclairage seraient elles aussi des moto-réactions, par exemple la contraction du corps d'un lamellibranche survenant lorsqu'une ombre passe sur lui.

Les déplacements (des objets) visuellement effi-

1. S. EXNER. Ueber opt. Bewegungsempfindungen, in *Biol. Centralbl.*, 1888, VIII, n° 4. — *Die Physiologie d. facettirten Augen, etc.* Leipzig, 1891.

caces sont, par rapport à l'animal, ou bien des mouvements de latéralité, ou bien ils sont dirigés vers lui ou loin de lui. Dans le premier cas, des éléments récepteurs s'éclairent, d'autres cessent de l'être ; dans le second, par exemple l'objet s'avançant vers l'animal, de nouveaux éléments récepteurs s'éclairent, l'image rétinienne s'agrandissant avec le rapprochement. On voit donc qu'au fond de la moto-réaction, il y a une réaction à des variations d'éclairage, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de différence essentielle entre les deux. Nous réserverons cependant le nom de moto-réaction plus spécialement au cas où la photo-réaction diffère avec le sens du déplacement de l'objet.

Comment comprendre qu'en beaucoup de circonstances, la forme de la moto-réaction dépende de la forme ou de la direction du mouvement ; que chez une mouche, le déplacement d'un corps visuel vers la droite provoque généralement un autre mouvement qu'un mouvement à gauche, en avant, en arrière, etc. ?

Pour expliquer la chose, il faudrait avoir sur la physiologie du système nerveux central des connaissances qui nous font à peu près totalement défaut. — Il s'agit là de photo-réceptions multiples, se succédant avec une rapidité telle qu'elles semblent simultanées (elles le sont réellement en vertu de l' « inertie » des éléments physiologiques). Provisoirement, nous pouvons nous borner à dire que dans les conditions indiquées, les innervations provenant des différents éléments photo-récepteurs se combinent dans le système nerveux central, et qu'il en résulte une innervation motrice ou valence motrice unique, qui

diffère de celle de chaque élément photo-récepteur pris isolément ; les différentes valences motrices éveillées simultanément interfèrent (dans le système nerveux central) de façon à produire un mouvement résultant, qui peut n'être celui d'aucune des valences motrices prise isolément, tout cela conformément à des notions courantes en physiologie du cerveau.

XVII. **Icono-réceptions et icono-réactions.** — Nous voici arrivé dans notre exposé à un tournant où il devient de plus en plus difficile de se passer des locutions psychologantes. Employons d'abord ce langage pour faire comprendre ce dont il s'agit ici.

Nous apprendrons à connaître chez l'homme la *vision* (psychique) *de direction,* le fait que nous localisons dans diverses directions de l'espace nos sensations visuelles, selon qu'elles sont suscitées par l'excitation de tel ou de tel élément photo-récepteur. Il y a ensuite la question de l'exactitude de cette localisation, ce qui nous conduit à la notion psychique du *pouvoir de distinction visuelle,* de l'*acuité visuelle,* puis à celle de la vision des images, à celle de l'*iconopsie,* ou de l'iconoperception, c'est-à-dire de la perception simultanée des fins détails des objets visuels. Nous verrons aussi que chez l'homme, c'est à peine si nous pouvons parler d'acuité visuelle et d'iconopsie sur la périphérie de la rétine, qui néanmoins renferme des millions d'éléments photo-récepteurs, et que cette fonction n'est bien développée que pour les 600 cônes de la fossette centrale. Si la rétine humaine ne renfermait pas de fovea centralis, on ne parlerait guère d'iconopsie.

Physiologiquement parlant, la projection psychique radiaire, l'acuité visuelle et l'iconopsie ne peuvent être que des épiphénomènes psychiques de certains processus physiologiques nerveux. Nous y reviendrons à propos de l'homme. En biologie comparée, l'on ne saurait parler que de ces processus physiologiques. Mais quels sont ces processus physiologiques ?

A propos de la vision chez l'homme, nous verrons que le principe même de la projection visuelle est l'épiphénomène psychique de la photo-réaction somatique (c'est-à-dire de la photo-réaction sur le corps) en général. La projection radiaire est l'expression psychique de la pluralité des photo-réactions somatiques, selon l'élément récepteur intéressé, ou si on veut, elle est l'épiphénomène des diverses valences photomotrices. L'acuité visuelle et l'iconopsie sont des expressions psychiques de photo-réactions plurivoques d'une grande précision et qui coexistent, au moins dans leur portion nerveuse. L'iconopsie est en quelque sorte le résultat de l'acuité visuelle.

Chez les animaux, nous ne parlerons pas d'iconopsie, mais d'icono-réactions, dans les cas où, comme chez l'homme, des mouvements sont suscités ou guidés, réglés par les fins détails visuels des objets. Les icono-réactions consistent généralement en la fine régulation de mouvements du corps excités par d'autres réceptions (internes ou externes), et non en l'excitation même de ces mouvements.

La notion des icono-réactions se précisera davantage lorsque nous l'envisagerons chez l'homme. Nous y verrons

aussi que l'icono-réaction est au fond une moto-réaction d'une espèce particulière.

Les auteurs les plus divers parlent, en langage psychologique, de l'acuité visuelle, du pouvoir de distinction visuelle, de la vision des détails et des formes chez divers animaux, même invertébrés, et cherchent à évaluer ce pouvoir numériquement, comme cela se pratique chez l'homme. Souvent ils supposent qu'une « distinction des formes », plus ou moins développée, et comparable à celle de l'homme, doit exister chez tous les animaux. L'auteur qui a inauguré une réforme en cette matière est S. EXNER. Il montra qu'une foule d'animaux, auxquels généralement on accorde un pouvoir de distinction visuelle, ou bien n'ont pas ce pouvoir, ou bien ne le possèdent qu'à un degré rudimentaire, comparable à celui de la périphérie de la rétine humaine ; qu'enfin les réactions animales qui passent pour des icono-réactions ne sont en réalité que de pures moto-réactions, des réflexes provoqués par des mouvements des objets.

Il n'y a pas de doute que les acuités visuelles rudimentaires attribuées par F. PLATEAU [1], par WILLEM et d'autres, aux insectes, aux araignées, aux mollusques gastropodes, ne méritent guère ce nom, et que les photo-réactions de ces animaux sont plutôt de pures réactions aux variations de l'éclairage, ou des moto-réactions très simples.

1. F. PLATEAU. *Bull. Acad. roy. de Belgique*, 1887-1897 : Myriapodes, 1887, t. XIV, nos 9-10 ; Arachnides, 1887, t. XIV, no 11 ; Chenilles, 1888, t. XV, no 1 ; Insectes, 1888, t. XVI, no 11 ; 1896, t. XXXII, no 11 ; 1897, t. XXXIII, no 1 ; 1897, t. XXXIV, 9, 10 et 11.

DES PHOTO-RÉACTIONS CHEZ CERTAINS ANIMAUX

Les photo-réflexes que nous envisageons chez les animaux sont des réflexes sur tout le corps, c'est-à-dire des « *photo-réflexes somatiques* », ayant pour résultat de déplacer tout le corps, ou au moins de régler les mouvements de tout le corps. Chez les animaux supérieurs, il arrive que le photo-réflexe somatique ne soit pas général, mais partiel. Le mouvement d'une partie du corps, de la tête, de la langue, des mains, remplace le mouvement (de préhension par exemple) de tout le corps. — Les mouvements des yeux, ou photo-réflexes sur les yeux, occupent une place à part. Nous en parlerons à propos de la vision chez l'homme.

XVIII. **Invertébrés.** — La plupart des invertébrés ne disposent que d'héliotropies et de réactions aux variations de l'éclairage. Des moto-réactions, même d'un ordre élevé, se rencontrent chez les articulés, et surtout chez les insectes ailés adultes, mais rien d'une icono-réaction. La fine régulation des mouvements de tous les invertébrés est le fait soit de tango-réceptions (antennes tactiles, etc.), soit de chémo-réceptions à distance (odor-réactions), fabuleusement développées chez certains insectes ailés, soit de chémo-réceptions au contact (goût).

Araignées, scorpions, myriapodes. — Il résulte des recherches de F. Plateau que chez les *mille-pieds,*

les photo-réactions ne dépassent pas l'héliotropisme. Chez les *scorpions,* elles revêtent un peu le caractère des moto-réactions. — En fait d'*araignées,* celles à toiles réagissent aux variations de l'éclairage. Suivant PLATEAU, elles ne « remarquent » à la vue que de très gros objets, un homme par exemple et de très près. Elles ne voient pas la mouche prise dans la toile, mais sont guidées vers leur proie par leurs tango-réceptions. — Quant aux araignées sautantes, elles sont douées de moto-réactions bien accusées. Elles « remarquent » le mouvement d'un petit objet, à la distance de 10 centimètres, et l'attrapent en sautant (F. PLATEAU). Suivant l'expression bien caractéristique de FOREL, elles sautent, non sur l'*objet,* mais sur l'endroit où elles ont vu un *mouvement.*

XIX. **Photo-réactions des fourmis.** — Dans certaines circonstances (p. 36), les fourmis révèlent des réactions héliotropiques. — Mais dans quelle mesure leurs pérégrinations sont-elles incitées ou réglées par des photo-réceptions?

Certaines fourmis, telles que le *Lasius niger,* dont les yeux (composés) n'ont que très peu d'ommatidies (une douzaine et moins), ne paraissent guère disposer que de phototropies, ou de vagues réactions à des variations de l'éclairage (BETHE[1]). Dans ses pérégrinations, le *Lasius niger* est guidé à son premier aller par ses tango-réceptions, et au retour, vers le nid, par une chémo-réception, par un corps chimique

1. BETHE. Die Psyche der Armeisen. *Arch. de Pflüger,* t. LXX, 1898 et t. LXXIX, 1900.

adhérant à sa première trace ou à celle d'une autre fourmi (voir aussi FOREL[1] et JANET[2]). Rien dans les allures de cette fourmi en quête d'une proie ou à son retour au nid ne dénote qu'elle évite les obstacles moyennant ses photo-réceptions. Déplacée de sa route pendant le retour au nid, elle erre au hasard, jusqu'à ce qu'elle tombe sur une trace pareille, et alors avec une précision absolue, elle suit la trace vers le nid, même si préalablement on l'a aveuglée en lui noircissant les yeux (FOREL). La fourmi reconnaît les habitantes du même nid probablement aussi à l'aide de chémo-réceptions ou de tango-réceptions qu'elle provoque en tâtonnant de ses antennes la fourmi qu'elle rencontre.

Voilà pour les fourmis qui se frayent des chemins, qu'elles parcourent du reste pendant la nuit. Tout autres sont les fourmis qui ne frayent pas de chemins. En général, leurs yeux renferment un grand nombre de facettes (des milliers), et elles présentent des photo-réactions plus évidentes. FOREL constate que la Formica rufa « y voit ». — On rencontre dans nos forêts des essaims de *Formica rufa,* qui semblent errer au hasard, mais qui suivent toutes la même direction globale. Lors du retour au nid, elles pourraient bien être guidées par un « *souvenir* » visuel. En tous cas, elles présentent des moto-réactions visuelles en toute forme. Si on meut devant un de ces insectes le bras ou une canne, même à la distance de dix et vingt

1. FOREL. Les fourmis de Suisse, in *Nouveaux Mém. de la Soc. helvétique*. Zurich, 1874.

2. JANET. *Études sur les Fourmis, les Guêpes et les Abeilles*. Limoges, 1897.

centimètres, il s'arrête, se redresse avec la tête vers l'objet, ouvre la bouche comme pour mordre, d'une manière « menaçante », et cela non seulement si la canne projette sur l'insecte une ombre, mais même si elle est avancée latéralement. L'effet n'est du reste obtenu que moyennant un objet en mouvement. Ce sont de véritables moto-réactions, à la vérité d'un ordre très élevé. A notre avis, il n'y a pas, chez ces fourmis, des photo-réactions qu'on puisse qualifier d'icono-réactions ; les fins mouvements de toutes les fourmis sont réglés par les tango-réceptions.

Sur la foi d'expériences du même genre faites avec la *Formica sanguinea,* WASMANN[1] attribue aux fourmis de l'acuité visuelle et la vision des formes. De plus, ayant observé que par suite de la répétition d'une photo-réaction « menaçante », la fourmi cesse de réagir (voir plus loin « mémoire visuelle »), WASMANN dit que non seulement la fourmi « voit » les détails de l'objet, qu'elle finit de plus par ne plus « craindre » le doigt, car elle « reconnaît » la superfluité de ses efforts et la « non-nocuité » de l'objet. Aussi elle « renonce » à ses « menaces » et à l'attaque. — WASMANN conclut aussi à une « acuité visuelle » assez développée chez les fourmis, en se basant sur l'observation de certains faits de mimicry, de mimétisme des formes, consistant en ce que certains coléoptères, hôtes parasites tolérés par les fourmis, revêtent à un haut degré la forme de leurs hôtes. — Pour notre part, nous ne pouvons voir dans ces faits, d'ailleurs

1. WASMANN. Die psych. Fähigkeiten der Ameisen, in *Zoologica,* f. 26. Stuttgart, 1899.

très bien étudiés par Wasmann, que des effets de tango-réceptions des fourmis, développés par l'évolution naturelle. Wasmann lui-même démontre que la fourmi n' « aperçoit » visuellement ces hôtes que s'ils se meuvent. Dans certaines circonstances, discutables d'après nous, elles en apercevraient d'immobiles à 4-5 millimètres. Ce serait une « acuité visuelle » de l'ordre de celle que Willem attribue au colimaçon !

XX. **Photo-réactions chez les Abeilles, et en général chez les Insectes ailés.** — De toutes les observations (S. Exner, F. Plateau, Bethe, Forel, Lubbock, etc., etc.) se dégage la conviction que les photo-réactions des lépidoptères, des hyménoptères et des diptères adultes sont, ou bien des héliotropies, ou bien des réactions aux variations de l'éclairage, ou encore des moto-réactions, et que ces animaux ne disposent pas d'icono-réactions véritables, comparables à celles des oiseaux et des singes par exemple. Leurs fins mouvements de locomotion et ceux de préhension des aliments ne sont pas guidés par leurs photo-réceptions. Généralement même leurs pattes et les mandibules sont situés en dehors du champ visuel, les yeux étant placés sur le dos.

Examinons de plus près quelques photo-réactions des insectes adultes. — Nous avons signalé (pp. 34 et 36) les héliotropies des insectes adultes, notamment celles des mites et des papillons en général. Des phénomènes qui se rattachent aux héliotropies ont été étudiés par Réaumur, Cuvier, F. Plateau, Forel, etc., chez les hyménoptères et les diptères. Si on lâche, en la laissant choir, dans un appartement obscur,

une mouche à viande (ou un papillon, une abeille), elle tombe par terre et reste immobile. Mais si une ouverture pratiquée dans un volet est suffisamment claire, la mouche vole et se dirige vers l'ouverture, F. Plateau démontre que seule l'intensité lumineuse totale de l'ouverture est le motif déterminant du vol et de la direction que prend l'animal, et qu'il n'y a pas là d'icono-réaction. Nous disons que la lumière excite le mouvement de la mouche et le dirige suivant les lois de l'héliotropisme positif. On peut transporter une abeille à travers le jardin, dans un verre à boire renversé, sans qu'elle puisse en sortir — attirée qu'elle est en haut par son héliotropisme positif.

Nombreux sont les auteurs affirmant l'existence d'une « acuité visuelle » chez les insectes ailés. — Il résulte notamment des observations d'Exner que, somme toute, les exemples allégués ne sont que des moto-réactions. Voudrait-on parler d' « acuité visuelle », ou plutôt d'icono-réaction, lorsqu'un insecte évite des obstacles en volant, ou lorsqu'il se place sur une brindille? Ou encore lorsque le taon vole autour d'un gros animal, même en repos? — Un insecte qui s'envole devant un corps en mouvement ne fait au fond rien autre chose que le Lamellibranche ou le Gastropode qui se rétracte lorsqu'un corps opaque passe entre lui et la source lumineuse. Il exécute une réaction à une variation de l'éclairage. Mais cette réaction est compliquée, c'est une moto-réaction en toute forme. — L'insecte qui en volant évite des obstacles en agit de même. Cela est évident s'il s'agit de gros obstacles. L'animal est animé du vol pour des motifs physiologiques que nous n'avons pas à rechercher ici ; et lors-

qu'il approche d'un obstacle, c'est « visuellement » comme si l'obstacle s'avançait vers lui. L'obstacle s'approchant provoque une moto-réception, qui modifie le vol total de l'animal.

L'insecte qui s'oriente visuellement, en volant, parmi les petits obstacles, révèle un développement remarquable de ses moto-réactions, mais pas d'icono-réactions véritables. A en juger par ce qui se passe chez l'homme, celles-ci paraissent même être impossibles pendant un mouvement aussi rapide (voir plus loin).

Lorsque les insectes sont munis des deux espèces d'yeux, ceux à facettes semblent présider presque exclusivement aux photo-réactions. Après destruction des yeux composés, ces animaux se gèrent comme des aveugles, c'est-à-dire dépourvus de photo-réactions (F. Plateau). — Chez les formes larvaires (chenilles), munies seulement d'yeux simples, les photo-réactions sont ou bien des héliotropies, ou bien des réactions univoques aux variations de l'éclairage.

Pour la *dioptrique de l'œil composé,* voir notre article « *Dioptrique* » dans le *Dictionnaire de Physiologie* de Ch. Richet. A propos de cette dioptrique surgit la question de la vision simple avec des yeux multiples ; elle sera envisagée plus loin, à propos de l'homme.

XXI. **Vertébrés.** — Nous ne trouvons des icono-réactions bien manifestes que chez les oiseaux et chez les mammifères supérieurs, quadrumanes. Elles sont certainement rudimentaires chez les carnassiers (chien, chat, etc.), très controversables chez les

Solipèdes et les Ruminants, et font défaut chez le lapin. Chez les mammifères inférieurs, chez les reptiles, les poissons, tous (sauf exceptions douteuses) dépourvus de véritables icono-réactions, les gros mouvements des animaux sont réglés par des motoréceptions visuelles ; quant à la fine régulation des mouvements, elle est le fait des tango- et des chémoréceptions.

Orientons-nous d'abord au moyen des faits établis chez l'*Homme*, et employons à cet effet le langage psychologuant habituel. — L'acuité visuelle, le pouvoir de distinction pour les formes et les détails, est rudimentaire sur la périphérie de notre rétine; elle n'est bien manifeste que vers le centre de la rétine ; et très développée seulement dans la *fovea.* La vision des formes n'existe vraiment que dans la fovea et dans son entourage immédiat. Un homme dont la seule fovea (avec son entourage immédiat) ne fonctionne plus — dans la maladie connue sous le nom de scotome central — ne distingue (visuellement) aucun fin détail, ne sait plus lire, ne trouve les morceaux sur son assiette qu'en tâtonnant, ne reconnaît les traits d'aucun visage, ne voit pas les grimaces mimiques que fait un interlocuteur, etc. Mais il s'oriente très bien dans une rue fréquentée, évite les passants : il se comporte visuellement comme un homme sain, sauf lorsqu'il s'agit de distinguer de fins détails. La régulation visuelle grossière de ses mouvements persiste, la régulation plus fine fait défaut. Des mouvements délicats, comme la gravure, la couture, l'écriture, la lecture, etc., ne sont plus réglés visuellement.

Inversement, un homme dont la périphérie rétinienne ne fonctionne plus, mais dont la fovea est intacte ou à peu près (en cas de fort rétrécissement du champ visuel),

peut lire, écrire, etc. ; seulement il ne saurait aller dans une rue fréquentée sans heurter les passants, et sans risquer de se faire écraser : la grosse orientation, en tant qu'elle dépend de la périphérie rétinienne (et elle en dépend en majeure partie) a disparu, tandis que la fine régulation, qui dépend exclusivement de la fovea, existe toujours.

Avec la fovea, on distingue les détails visuels des objets, tandis qu'avec la périphérie rétinienne on ne distingue que les gros contours, et encore très vaguement. Par contre, avec la périphérie rétinienne, on aperçoit les mouvements de gros objets et les variations de l'éclairage en somme aussi bien qu'avec le centre rétinien. Notre orientation parmi les objets environnants est surtout une moto-réaction, et non une icono-réaction.

Chez les *Poissons,* les *Batraciens* et les *Reptiles,* les photo-réactions, pour autant qu'elles ne sont pas des héliotropies, sont des moto-réactions. La grenouille, le serpent, ne saisit sa nourriture que pour autant qu'elle se meuve. Il n'est pas prouvé que le caméléon fasse exception à cette règle (bien qu'il possède une fovea). Un poisson dans l'eau peut être approché lentement jusqu'à être touché ; mais le moindre mouvement brusque le fait fuir. Le plus souvent, la grosse préhension des proies est chez le poisson une moto-réaction. Mais, chez beaucoup de ces vertébrés inférieurs, la préhension plus exacte des aliments est une tango-réaction. — Deux arguments plaident cependant en faveur d'une certaine icono-réaction chez les poissons : le fait qu'ils sont doués d'un degré notable d'accommodation (Th. Beer), et la circonstance que les pêcheurs à la

mouche disposent d'une profusion de mouches artificielles de formes (et de couleurs) différentes. Aucun de ces faits ne semble absolument dirimant. En ce qui regarde les mouches volantes, il est certain que le poisson n'en reconnaît pas les détails visuels, mais seulement la forme de leur mouvement, tout comme personnellement, je reconnais au rythme de leur vol la plupart de nos oiseaux, dans des circonstances où il ne saurait s'agir de reconnaître les détails visuels de l'animal.

XXII. **Oiseaux et mammifères.** — Voyons de plus près les photo-réactions du *chien*, un mammifère à photo-réactions relativement compliquées. Mon Fox se comporte visuellement à peu près comme un homme atteint de scotome central. Il ne me reconnaît que très vaguement « à la vue », et seulement de très près, à un, tout au plus deux mètres. Lorsqu'il ne me cherche pas, il passe à un mètre sans me reconnaître, pourvu que l'odorat ne le renseigne pas. Et s'il me cherche ou si je l'appelle, il ne m'identifie visuellement que de très près, et encore très vaguement, par ma silhouette générale et surtout par ma démarche totale. Je n'ai qu'à changer de démarche, en claudiquant, par exemple, pour qu'à deux mètres encore il me prenne pour un étranger, toujours à condition que je me tienne sous le vent de l'animal. A l' « odorat » (odor-réceptions), il me « reconnaît » avec sûreté à des distances très grandes. Seuls mes gestes mimiques les plus gros sont « interprétés » visuellement par lui ; mes mouvements mimiques plus fins sont comme non existants pour lui.

Il est certain néanmoins qu'en un point central de la rétine du chien, les moto-réactions sont plus fines, qu'il y a là une fovea encore très rudimentaire. Le moindre mouvement d'un objet pas trop fin attire son « attention » ; il y dirige le regard, c'est-à-dire qu'il le « fixe ». Mais pour l'identifier véritablement, il doit s'en rapprocher de très près. Il semblerait même qu'il ne reconnaît sûrement un objet et ne le saisit qu'après l'avoir flairé (odor-réaction).

D'autre part, un chien qui court ne saurait être guidé visuellement que par les gros détails des objets — comme du reste l'homme qui court, ou l'abeille et l'oiseau qui vole.

Dans notre terminologie physiologique, ce qui précède veut dire que les photo-réceptions ne règlent que grossièrement les mouvements du chien ; la fine régulation de ses mouvements est le fait des odor- et des tango-réceptions. Le chien révèle surtout des moto-réactions visuelles, et peut-être des icono-réactions grossières, qui ne sont guère plus développées que celles provoquées par la périphérie de la rétine humaine.

Le CHAT révèle des traces d'icono-réactions peut être plus évidentes que celles du chien ; mais en prenant une souris, il exécute une moto-réaction visuelle.

Le LIÈVRE et le CHEVREUIL sont encore moins doués que le chien sous le rapport des icono-réactions. Ces gibiers ne remarquent pas le chasseur immobile dont la silhouette se profile sur un tronc d'arbre, s'il reste absolument immobile, et surtout s'il est sous le vent de l'animal. En supposant à ce dernier des icono-

perceptions et de l'acuité visuelle, elles ne suffiraient donc pas pour faire « distinguer un homme » à 5 ou 10 mètres ! Mais les plus petites moto-réceptions sont suivies de moto-réactions (fuite). — Le lièvre en quête de nourriture est guidé grossièrement par ses photo-réceptions. Le choix véritable de sa nourriture est une tango-réaction (poils tactiles buccaux) et une odor-réception. « Aperçoit-il » un objet inconnu (par ses gros contours), il tourne autour, « pour prendre le vent », et détale dès qu'il a « flairé » un ennemi.

Les *ruminants* et les *solipèdes*, les *rongeurs*, etc., en général les mammifères inférieurs, ressemblent plus ou moins au lièvre pour ce qui regarde leur vue ; ils sont doués de moto-réactions, mais de rien qui ressemble à une icono-réaction. La fine régulation de leurs mouvements est une tango- ou une odor-réaction. Le plus souvent, et tout comme chez les insectes, les véritables organes de préhension (lèvres) ne se trouvent pas même dans le champ visuel, et leurs mouvements ne pourraient pas être « surveillés » par les photo-réceptions. Les fins détails des mouvements sont généralement réglés par les tango-réceptions (poils tactils, lèvres, langue).

Chez les QUADRUMANES (animaux à fovea centralis comparable à celle de l'homme), les fins mouvements des mains sont « surveillés » par les photo-réceptions. Ces mouvements sont certainement des icono-réactions assez fines, par exemple lorsque l'animal ouvre une noix ou lorsqu'il rend certain service de propreté à son semblable.

LES OISEAUX diurnes, tous munis d'une fovea (au moins d'une), sont certainement doués d'icono-réac-

tions. Le granivore qui saisit un grain de millet, le poussin qui picore une miette de pain, exécutent des icono-réactions. Leurs tango-réceptions sont trop peu développées à cet effet, sauf exceptions toutefois : celles du bec règlent chez le canard les fins mouvements de préhension des aliments. — Chez les rapaces, les icono-réactions sont bien développées. Le plus souvent cependant leurs mouvements sont des moto-réactions ; et ces moto-réactions-là en imposent souvent pour une acuité visuelle exceptionnelle, supérieure à celle de l'homme. L'épervier par exemple, ou la buse « reconnaît » une souris de hauteurs d'où nous ne la « distinguerions » certainement pas, auxquelles la souris se présente sous un angle presque nul, et apparaît tout au plus comme un point.

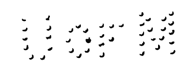
Rappelons à ce propos les Indiens qui signalèrent à DE HUMBOLDT, dans les Andes, des guides attendus à plus de cinq lieues, c'est-à-dire à une distance à laquelle DE HUMBOLDT ne distinguait rien, et où un homme devait se présenter en réalité sous un angle visuel nul. Or, ce qu'on appelle acuité visuelle (chez l'homme) ne consiste pas à distinguer un point, mais deux points. Le fait est que les Indiens virent des points (obscurs sur la neige par exemple), et qu'ils « jugèrent » que ces points mouvants (ou qui n'étaient pas là l'instant d'avant) devaient être les guides attendus. L'acuité visuelle de ces Indiens n'était pas supérieure à celle du célèbre voyageur. — Pour en revenir aux rapaces, mon collègue et ami J. FRAIPONT, grand tendeur, m'informe qu'il a réussi à faire abattre un épervier sur une pomme de terre qu'il faisait mouvoir moyennant un fil.

Il s'agit là d'une catégorie de faits traités plus loin sous le nom de « sensibilité aux différences d'éclairage », et encore y reconnaît-on l'influence prépondérante d'une moto-réception. — En psychologuant, on dira que la buse « voit » quelque chose se mouvoir, et de par son expérience antérieure, elle « sait » que ce ne peut être qu'une souris. Le perdreau « sait » qu'en restant immobile, il n'est pas aperçu par l'épervier qui plane, mais qu'au moindre mouvement il attire sur lui son ennemi. — Nous disons que l'épervier qui fond sur sa proie exécute une moto-réaction visuelle.

L'oiseau traversant au vol un taillis, se faufilant en volant à travers des espaces pas plus grands que lui, exécute des photo-réactions fortement graduées. Mais il est de toute impossibilité que les processus nerveux qui président à ces mouvements soient comparables à ceux d'un homme qui lit ou qui « reconnaît » à l'aide de son acuité visuelle un visage connu. Et si ce n'est pas par ses icono-réceptions (acuité visuelle), par quoi le moineau est-il guidé? — En nous faufilant à travers une foule, nous ne sommes pas non plus guidés par notre acuité visuelle (icono-réceptions). Nous le faisons, comme on dit, surtout par la perception des gros contours, à l'aide de la périphérie de notre rétine. Et il serait facile de montrer que cette « orientation visuelle » ne devient effective que par notre déplacement, c'est-à-dire que c'est une moto-réaction dans le genre de celle de l'insecte se faufilant parmi les obstacles Un primitif campagnard est même absolument désorienté en ville, *parce que* ses mouvements sont influencés par ses

véritables icono-réceptions, parce qu'il fixe du regard les objets visuels qui, chez le citadin, provoquent seulement des moto-réactions. — L'oiseau, lui aussi, est guidé à travers des obstacles par des moto-réceptions visuelles. Tout comme chez l'insecte volant, les obstacles qu'il rencontre provoquent chez lui des moto-réactions : ses mouvements de locomotion, en tant qu'ils dépendent des photo-réceptions, sont des moto-réactions et non des icono-réactions.

L'icono-réaction doit être envisagée dans ses rapports avec *a)* le développement de la fovea, *b)* avec les mouvements fixateurs des yeux et de la tête, et *c)* avec l'accommodation. Sauf quelques rares exceptions, de tous les vertébrés, les seuls singes et les oiseaux ont une fovea comparable à celle de l'homme. Chez les carnivores, et même chez les rongeurs, une partie rétinienne spéciale rappelle vaguement la macula lutea (circumfovéale) de l'homme. Les carnassiers surtout « fixent » avec cette partie rétinienne. Mais la macula humaine, tout en localisant mieux que l'extrême périphérie rétinienne, ne suffit pas même pour reconnaître les traits d'un interlocuteur. — Les carnivores fixent donc, et leurs yeux ont une motilité assez grande, moindre cependant que celle des singes et de l'homme. Les rongeurs, les ruminants ne fixent que très vaguement ; leurs yeux sont relativement immobiles. Les yeux des oiseaux sont peu mobiles, mais leur motilité est remplacée par celle de la tête. Nous verrons que les mouvements oculaires servent à peu près exclusivement à la fixation ; ils ne se conçoivent guère sans fovea. — De tous les mammifères, les seuls quadrumanes ont une accommodation bien manifeste. Cette fonction en effet n'a de raison d'être qu'avec une fovea, avec une rétine iconique. Chez les carnassiers (chats), elle ne dé-



passe pas deux dioptries. Ajoutez à cela que tous les mammifères sont hypermétropes d'au moins une à deux dioptries, de sorte qu'au grand jamais l'un d'eux (les singes exceptés) ne saurait accommoder pour une distance rapprochée. — Les singes et les oiseaux ont un fort pouvoir accommodateur[1].

XXIII. **Comparaison des photo-réactions avec les stato-réactions.** — Au lecteur qui malgré tout ce qui précède hésiterait à voir la régulation « visuelle » des mouvements, même les plus fins, des animaux, envisagés comme de purs actes réflexes, nous recommandons de penser à la régulation incessante, mais inconsciente, de nos mouvements en apparence les plus conscients, les plus « volontaires », par les stato-réceptions (sens de l'équilibre) et par celles du « sens musculaire ». Si, en cours de marche, nous venions à être privés des « innervations » fournies par notre vestibule, nous tomberions instantanément. Si, pendant que nous exécutons un mouvement de préhension, les innervations du sens musculaire venaient à disparaître, le bras retomberait ou le mouvement serait désordonné. On parle à tort des « sensations » à nous fournies par ces deux prétendus « organes des sens ». Le fait est que les réceptions afférentes « règlent » d'une manière absolument inconsciente, réflexe, les mouvements[2] du corps (voir à ce sujet plus loin, vision chez l'homme).

1. Voir à ce sujet notamment Th. Beer, Die Accommodation des Auges in der Thierreihe, in *Wiener klin. Wochenschr.*, 1898, n° 42.

2. Quelquefois on parle ici de sensations inconscientes, qui détermineraient les mouvements. A propos de l'homme, nous ver-



XXIV. **Mémoire visuelle des lieux. Comment les abeilles et les pigeons voyageurs retrouvent-ils leur chemin ?** — Il n'entre pas dans notre tâche d'examiner pourquoi donc beaucoup d'animaux réintègrent leur « home », retournent à leur nid; mais nous pouvons poser en principe que ce « pourquoi » doit être de nature physiologique (une réception interne ou externe), et non psychique. Notre raison (de physiologiste) ne saurait être satisfaite lorsqu'on nous dit que l'animal retourne « chez lui » par habitude ou par amour de ses petits. — Ce « pourquoi » n'est probablement jamais une photo-réception. Mais le retour est ordinairement guidé visuellement, non seulement par les photo-réceptions actuelles, mais encore par les réceptions antérieures, c'est-à-dire par la mémoire visuelle des lieux. Conformément aux principes posés dans ce qui précède, cette « mémoire » devra, elle aussi, être envisagée comme une fonction physiologique. Mais, à cet égard, on en est encore à des hypothèses absolument insuffisantes.

Faut-il envisager comme un exemple de mémoire certaines limaces qui réintègrent leur cachette? En tous cas ce ne serait pas une mémoire visuelle, car le retour se fait chez certaines espèces par le même chemin que l'exode, en qualité de chémo-réflexe, par le moyen du mucus que l'animal a semé sur sa route (chémo-réflexe).

La fourmi qui retourne à son nid semble faire acte de mémoire. Chez celles qui frayent des chemins, le

rons à satiété que c'est là dire évidemment que ce ne sont pas des sensations, et qu'il s'agit là uniquement des processus physiologiques.

6.

retour au nid est un chémo-réflexe (voir p. 86) dont l'obligation et le caractère réflexe ont été bien étudiés par BETHE. C'est en somme le cas de la limace. Quant aux fourmis qui ne frayent pas de routes, elles paraitraient être guidées au retour au nid par les photo-réceptions, par une certaine mémoire visuelle des lieux (voir p. 87).

Les insectes ailés (Lépidoptères, Hyménoptères) ont en général une « tendance » à retourner à la place qu'ils viennent de quitter. Un papillon, chassé doucement, revient le plus souvent, après quelques circuits, vers l'endroit qu'il vient de quitter (RADL[1]). Quelque chose d'inconnu encore l' « attache » à l'endroit où il s'est reposé ; mais pendant le retour, il y est guidé par ses photo-réceptions. Plus loin, nous rencontrerons un fait du même genre à propos des abeilles.

Comment les abeilles (et les guêpes) retrouvent-elles leur chemin ? — L'abeille chargée de butin retourne[2] à sa ruche en ligne droite, souvent par un chemin un peu différent de celui à l' « aller ». Lâchée sur terre, elle retrouve sa ruche à la distance de 4, 5 et même 6 kilomètres. De même aussi une abeille retourne au butin qu'elle a découvert Il résulte de toutes les obser-

1. RADL. *Loc. cit.*, p. 172.

2. Ce n'est pas la lumière qui pousse l'abeille vers sa ruche. Les tango-réceptions résultant de la charge de butin doivent être pour quelque chose dans la production de ce « tropisme », que les photo-réceptions ne font que régler. Le mouvement héliotropique, au contraire, est excité par les photo-réceptions ; son exécution peut être réglée par des tango-réceptions (par exemple chez l'asticot).

vations qu'en cela elles sont guidées par leurs photo-réceptions. — Mais pour que le retour s'opère, il faut que l'insecte ait déjà parcouru les localités, qu'il dispose d'une certaine mémoire visuelle des lieux.

Il est certain que la mémoire visuelle qui guide l'abeille ou la guêpe vers son nid diffère considérablement de celle de l'homme « reconnaissant » sa demeure par son aspect général et son entourage. — Le *Bembex rostrata* (une guêpe) cache son nid dans le sable, qu'elle égalise. A son retour, elle s'abat comme un bolide à l'endroit précis de la surface sablonneuse, gratte et trouve sa progéniture. — L'*Anthidium monicatum,* une autre guêpe, dépose ses œufs dans des coquilles vides de colimaçons. Si on déplace la coquille de 5-10 centimètres seulement, l'animal arrive comme un bolide, heurte l'endroit précis où était la coquille ; mais n'y trouvant rien, il s'envole de nouveau, puis revient immédiatement heurter de nouveau la place. Après plusieurs essais pareils, il erre au hasard dans les environs, et il arrive qu'elle trouve la coquille déplacée. — Le vol des guêpes au retour est guidé mathématiquement vers l' « endroit du nid », et nullement vers le nid lui-même.

Nous avons dit que l'abeille chargée de butin retourne vers la ruche en ligne droite, et non en suivant à rebours les circuits de l' « aller ». Elle y arrive comme un bolide et s'abat devant la lumière de la ruche. On peut masquer la ruche à volonté, par des branches, etc. ; on peut abattre les taillis et arbres environnants, enlever les ruches voisines ; sans hésitation aucune, l'abeille s'abattra devant la lumière. Si la ruche elle-même a été enlevée, l'abeille s'abat de même, sans

hésitation, à l'endroit (même vide) de l'espace où était la lumière de la ruche. — Analogue en cela aux guêpes, « l'abeille ne retourne pas à la ruche, ni à la lumière de la ruche, mais à l'endroit de la ruche, ou plutôt à l'endroit de sa lumière » (Bethe).

De quelle nature est cette mémoire visuelle des lieux chez les hyménoptères ? Il ne s'agit certainement pas d'une reviviscence d'icono-réactions antérieures, dont les abeilles sont dépourvues (pp. 89 et 91), et qui d'ailleurs ne pourraient se produire au courant d'une translation aussi rapide qu'est le vol de l'hyménoptère. — On dit souvent que le retour de l'abeille est guidé par le souvenir des gros contours, des détails les plus saillants du paysage. En nous rappelant que la locomotion de l'insecte ailé, en tant que photo-réaction, est une moto-réaction, nous dirons que la mémoire en question doit consister en la reviviscence de moto-réactions, réveillées par les photo-réactions du retour.

Il serait difficile de préciser davantage dès maintenant. Mais on ne saurait trop relever le caractère obligé et uniforme de ce retour, de sa ressemblance avec un acte réflexe, à peu près au même titre que le chémo-réflexe qui guide la fourmi vers son nid.

On serait tenté de parler ici d'un *tropisme* et de relever les analogies du phénomène avec l'héliotropisme animal et végétal. Mais, bien entendu, cette comparaison tout à fait légitime n'avancerait en rien l'explication du fait même de la mémoire visuelle des lieux. Nous attendons la lumière en cette question d'une analyse plus approfondie des photo-réactions élémentaires. Mais ce qui ne fait pas de doute pour nous, c'est que les faits de mémoire, et spécialement ceux

de mémoire visuelle, admettent une explication physiologique [1].

Il est intéressant d'observer une abeille non encore douée de mémoire visuelle des lieux. Une abeille habituée à une contrée peut donc être transportée à 4 et même 6 kilomètres ; lâchée, elle retourne à la ruche. Il n'en est pas de même d'une abeille jeune, ou d'une abeille âgée dont la ruche vient d'être amenée dans une contrée éloignée. Une telle abeille, transportée seulement à 200, à 300 mètres, ne retrouve plus sa ruche : elle ne dispose d'aucune mémoire des lieux.

Ces abeilles non expérimentées, transportées ainsi, et lâchées, commencent par décrire quelques circuits en l'air, puis s'abattent sur la boîte dans laquelle elles ont été apportées. Si on a fait disparaître la boîte, elles s'abattent vers la partie de l'espace (vide) où elles sont sorties de la boîte. C'est là un phénomène à rapprocher de celui offert par le papillon qui, chassé, tend à revenir au même endroit. Peut-être que nous tenons là un phénomène élémentaire de mémoire visuelle, et qu'on parviendra à décider notamment quelle influence (physiologique) « rattache » l'abeille à l'endroit d'où elle vient de s'envoler.

Une abeille « expérimentée » sort de la ruche comme une balle, sans se retourner. Une abeille non

1. Le caractère réflexe de ce retour à la ruche a porté Bethe à nier (bien à tort certainement) que ce fût là un fait de mémoire, et surtout un fait de mémoire visuelle : l'abeille serait guidée par une influence autre que les photo-réceptions et qu'il ne connaît pas lui-même. — Nous prétendons que lorsque nous aurons pénétré par l'analyse les faits élémentaires de mémoire, nous verrons qu'ils sont aussi obligés que le réflexe le plus élémentaire.

expérimentée (une jeune ou une transportée au loin, dans sa ruche) « prélude » à son premier voyage : elle se retourne, se balance quelque temps devant la ruche, puis agrandissant les circuits, elle finit par se soustraire au regard. Probablement ce « prélude » est destiné à fournir à l'abeille des souvenirs visuels nécessaires au retour. Il est même probable qu'au retour sont réveillées uniquement les moto-réactions visuelles provoquées ainsi pendant que l'animal regarde sa ruche. Cela diminuerait déjà quelque peu le mystère de la mémoire visuelle des lieux chez les hyménoptères.

Comment les pigeons voyageurs retrouvent-ils leur chemin ? — Les oiseaux en général, ainsi que les mammifères, révèlent des faits plus ou moins prononcés de mémoire visuelle des lieux. Des exemples remarquables en sont fournis par les oiseaux migrateurs, par les cigognes, les hirondelles, etc., qui, après une absence prolongée, à des distances immenses, réintègrent très exactement leur habitat.

Avec Ziegler[1], nous penchons vers l'opinion qui admet qu'à leur retour, les *pigeons voyageurs* sont guidés par leurs photo-réceptions, et non par un organe des sens hypothétique, magnétique, etc. Il s'agit là de l'exagération d'une propriété commune à la généralité des oiseaux et des mammifères. Le retour est incité par une réception non encore déterminée ; il est guidé, réglé par la mémoire visuelle des lieux. Pour rendre cette opinion plausible, songeons d'abord aux 6 kilomètres que la petite l'abeille peut parcourir

1. Ziegler. *Zool. Jahrb.*, 1897, p. 99.

en vertu de sa mémoire visuelle. Rappelons, ensuite, l'entraînement graduel et progressif auquel les pigeons doivent être soumis. Avant de les transporter à 200 kilomètres, on les lâche à 50, puis à 100 kilomètres, etc. Il y a aussi la circonstance que le brouillard les désoriente absolument, tout comme les abeilles, et qu'en pleine mer, ils perdent beaucoup de leur faculté caractéristique. Les pigeons lâchés d'un ballon aérostatique au-dessus des nuages, circulent autour du ballon, à peu près comme la jeune abeille autour de la boîte d'où elle a été lâchée (p. 105), mais ils piquent immédiatement vers la terre à travers la moindre éclaircie dans les nuages. — Lorsque des professionnels auront parcouru en tous sens l'Europe en ballon dirigeable, on répugnera probablement moins à voir dans le retour du pigeon voyageur un mouvement guidé par la mémoire visuelle des lieux [1].

XXV. **La prétendue chromatopsie (vision des couleurs) des insectes et d'autres animaux.** — Nous avons démontré suffisamment l'impossibilité qu'il y a pour nous, hommes, de jamais savoir quelque chose des seusations visuelles blanches, colorées, qu'éprouvent éventuellement les animaux. Voyons encore de plus près quelques arguments mis en avant pour prouver l'existence de sensations lumineuses chez certains animaux.

1. Consulter aussi sur ce sujet :
MARSCHAL (P.). Le retour au nid chez le Pompilus sericeus. *Soc. biol.*, 1900, et MARSCHAND (E.). Sur le retour au nid de Bembex rostrata. *Bull. Soc. sc. nat. Ouest*, 1900, 10.

Ch. Darwin, le premier, a exprimé l'idée que nous pourrions bien devoir la variété et le brillant des couleurs florales aux insectes qui les visitent ; ces couleurs auraient été créées et seraient maintenues parce que certains insectes « préfèrent » des couleurs déterminées. — Cette opinion a été adoptée par une foule de naturalistes ; H. Mueller[1] surtout s'en est fait le protagoniste ardent.

D'autre part, Grant Allan[2] développe cette idée que la recherche de leur nourriture sucrée par les insectes ailés aurait développé — la lutte pour l'existence agissant — le sens chromatique de ces animaux ; ou plutôt les deux effets, création des couleurs des fleurs, perfectionnement du sens chromatique des insectes, se seraient produits simultanément, en suite des lois de l'évolution et de la sélection.

Les esprits avaient certainement été rendues favorables à ces « vues » par les travaux de Ch. Darwin touchant l'influence que les insectes exercent sur la forme des fleurs. Il semble en effet que les insectes maintiennent aux fleurs leurs formes, souvent baroques, et même qu'ils les ont créées. Seulement cette influence s'exercerait de par la sélection naturelle, physiologique, et nullement en vertu d'un principe psychique, par exemple en vertu d'une « préférence » de la part de l'insecte.

Moins acceptable est la théorie qui explique la chromatopsie des insectes et la création des couleurs

1. Mueller, Herm., *Die Befruchtung der Blumen durch Insecten*. Leipzig. 1873.

2. Grant Allan. *The colour-sense, its origin and development*. London, 1879.

des fleurs l'une par l'autre. Suivant le procédé fautif que nous avons signalé à diverses reprises, les partisans de cette hypothèse commencent par supposer des « sensations chromatiques » chez les insectes; puis, de l'observation de ces animaux, ils déduisent que chaque espèce aurait pour une certaine couleur une « prédilection » résultant d'une espèce de « sentiment esthétique ». De là que chaque insecte visiterait de préférence une certaine fleur, douée précisément de cette couleur. En vertu de cette « préférence » il « négligerait » (jugement, volonté, etc.) les fleurs de cette espèce présentant des variations accidentelles de la couleur, d'où la constance de cette couleur dans l'espèce botanique.

En vertu du même facteur psychique, les insectes auraient créé les couleurs des fleurs. Celles-ci étaient primitivement vertes; mais leur couleur aurait varié accidentellement, et l'appareil psychologique de l'insecte aidant, les fleurs auraient revêtu peu à peu leurs apparences chromatiques brillantes.

Avant d'aller plus loin, constatons que cette influence exercée par les insectes sur les couleurs des fleurs ne serait pas un fait de sélection naturelle, mais une sélection psychique, intellectuelle, comparable à celle que l'éleveur peut exercer sur la couleur et la forme de ses bestiaux. N'est-il pas curieux que de cette manière on fait revivre la sélection psychique sur un terrain dont l'immortel auteur de la « sélection naturelle » l'avait précisément bannie.

Mais continuons l'exposé de la doctrine HERM. MUELLER décrit les allures des mouches *Syrphides* planant à la même place devant les « belles » fleurs,

qu'elles « admirent », puis se précipitant sur une d'elles, qu'elles effleurent, se reculant ensuite pour recommencer le même jeu. Ne dirait-on pas un fanatique de peinture en extase devant un beau tableau, le lorgnant, se reculant, s'avançant, pour trouver le vrai point de vue ?

Les mêmes auteurs font observer que chez les plantes dites « anémophiles », qui peuvent être fécondées par le vent, à cause de la pulvérulence de leur pollen, les fleurs n'auraient ni couleurs voyantes, ni parfum, ni nectar, et ne seraient pas visitées par les insectes. Au contraire, les fleurs des plantes « entomophiles », à pollen gluant, seraient visitées par les insectes, parce qu'elles sont nectarifères. Ces fleurs seraient caractérisées par leurs couleurs éclatantes. Beaucoup d'entre elles sont même munies d'organes « vexillaires » ou « attractifs » (fleurons périphériques plus grands, plus colorés, mais souvent dépourvus de nectar). Ces couleurs attireraient les insectes, et le rôle unique des organes vexillaires serait d'attirer les insectes, en suite de leurs sensations chromatiques et du plaisir qu'ils y prennent.

Lubbock (de même que d'autres auteurs) a cherché à prouver plus directement une « préférence » des abeilles pour la couleur bleue, c'est-à-dire pour ses sensations bleues à elles. Il disposa une série de papiers colorés, portant du miel, puis il laissa une abeille se rassasier sur le bleu. L'insecte parti, il intervertit les papiers ; à son retour l'abeille alla néanmoins au bleu.

On invoque aussi certains faits chromatiques curieux, dits de « mimétisme protecteur ». On pré-

tend que les papillons blancs, pour se reposer, iraient se « cacher » de préférence dans les objets blancs, les insectes jaunes dans les objets jaunes, etc. Tous ces faits dénoteraient de la part de l'insecte des « calculs » basés sur ses sensations chromatiques.

Pour la critique de ces idées, nous renvoyons surtout aux expériences variées que F. Plateau a faites sur la « vision des couleurs » chez les insectes.

En ce qui regarde les allures « admiratives » des Syrphides devant certaines fleurs, elles sont générales chez ces insectes : tous les syrphides se livrent à ce manège devant les fleurs de n'importe quelle couleur, mais aussi devant un objet quelconque, par exemple devant la main insinuée au devant la fleur, et que l'insecte suit alors si elle est déplacée lentement (F. Plateau).

Si l'insecte butinant dénote une constance sensible pour certaines fleurs, cela ne tient pas à ses photoréceptions, mais à ses odor-réceptions. C'est là un chémo-réflexe à distance. — Un tel insecte visite également toutes les fleurs d'une espèce ; et s'il y en a de couleurs diverses (par exemple le lin bleu et le lin blanc), aucune d'elles n'attire plus particulièrement l'insecte. Il faut se garder de parler ici d'une « délibération », de « préférences », de « volonté » (F. Plateau). Nous ajoutons qu'il faut se garder de parler de sensations chromatiques, et de sensations en général.

D'ailleurs les insectes ailés se portent sans hésitation vers des fleurs habituellement négligées, du moment qu'on y a mis du nectar. Ils cessent absolument leurs visites aux fleurs « préférées » auxquelles

on a enlevé la partie nectarifère, sans toucher aux organes vexillaires, voyants; puis ils recommencent leurs visites si on remplace le nectar enlevé. Des fleurs qu'on masque à l'aide de feuilles n'en attirent pas moins les insectes, qui finissent par y arriver. — Des fleurs artificielles n'attirent pas les insectes, sauf lorsqu'on y met du miel (F. Plateau).

En ce qui regarde les expériences de Lubbock à l'aide des papiers colorés et chargés de miel, l'auteur lui-même avoue que si l'abeille (animal cyanophile) s'est rassasiée sur une autre couleur que le bleu, elle y retourne à son retour ; le bleu ne l'attire donc pas spécialement. — A notre avis, il découle de ces expériences, à l'encontre de la thèse de Lubbock, que dans ce « choix », les abeilles sont déterminées par autre chose que par des sensations chromatiques. — Il résulte d'expériences de Bethe que ce qui détermine le « choix » des abeilles à leur retour, — choix réel dans certaines circonstances —, c'est la grandeur relative des papiers, et l'intensité totale de la lumière émise par eux. En d'autres mots, ce serait l'intensité de la photo-réception qui déterminerait l'insecte, et non une différence qualitative de la photoréception. Ramené à ces dimensions, ce « choix » visuel suit joliment les lois du simple héliotropisme positif dont sont doués les insectes ailés. — C'est là en d'autres mots la conclusion de F. Plateau, lorsqu'il dit qu'un objet fort brillant, ou de fortes dimensions, attire les insectes plus qu'un objet moins brillant ou plus petit, abstraction faite de la qualité de la lumière qu'il émet.

En ce dernier sens s'expliqueraient aussi les organes vexillaires des fleurs entomophiles, et les « couleurs éclatantes » de ces mêmes fleurs, alors que les plantes anémophiles en sont dépourvues. Ce serait la quantité totale de la lumière, et non sa qualité, qui attirerait les insectes, par une espèce de photo-réflexe fort apparenté avec l'héliotropisme positif[1]. — Nous estimons qu'on finira par expliquer physiologiquement pourquoi, dans certaines circonstances, des insectes ailés clairs gagnent de préférence des objets clairs, et des insectes sombres, les objets sombres. La couleur n'est pour rien dans ce phénomène. Seule l'intensité lumineuse est déterminante (F. Plateau). C'est du mimétisme protecteur dépendant de l'intensité, et non de la qualité des vibrations de l'éther. L'adaptation (p. 63) intervient probablement dans ce phénomène.

Plateau conclut que ce n'est pas dans les sensations chromatiques des insectes qu'il faut rechercher la cause des couleurs si variées des fleurs. Nous disons que les seules différences entre photo-réactions des insectes sont imputables à des différences dans l'intensité des photo-réceptions.

1. F. Plateau cite d'ailleurs un grand nombre de plantes anémophiles à couleurs voyantes, et de plantes entomophiles à fleurs peu voyantes.

DEUXIÈME PARTIE

LA VISION CHEZ L'HOMME

> **La volition n'est la cause de rien.**
>
> **RIBOT.**
>
> **Il n'y a pas de sensations inconscientes, pas plus que des corps tombant sans pesanteur.**

I. **Introduction.** — Chez les animaux, nous avons pu, nous avons même dû nous borner à étudier les processus physiologiques, d'ordre physique, que les vibrations de l'éther provoquent dans l'organisme. Nous aurons à faire la même étude chez l'homme ; mais ici il faudra tenir compte d'un élément en plus, révélé par le sens intime, c'est-à-dire des sensations visuelles et des autres catégories psychiques (représentation ou projection, jugements, volition, etc.), en tant qu'elles ont des rapports avec les processus physiologiques provoqués par les vibrations de l'éther. — Si déjà chez les animaux on a tant de peine à séparer le « physiologique » d'avec le « psychique », que sera-ce donc chez l'homme ? Nous prévoyons qu'il sera excessivement difficile de faire la part exacte des deux ordres de faits, et d'établir les vrais rapports

entre eux. Avouons dès maintenant que dans l'état actuel de la science, une telle entreprise est impossible à réaliser dans toute son étendue.

Rappelons les faits physiologiques fondamentaux d'un processus visuel. Les vibrations de l'éther, frappant l'organe photo-récepteur, y provoquent un processus physiologique, un mouvement ou une cinèse moléculaire, que nous nommons « *photo-réception* ». La photo-réception à son tour provoque dans le nerf optique l'influx nerveux, une autre cinèse moléculaire, qui se propage à certaines cellules nerveuses centrales (en se modifiant probablement), puis aux fibres nerveuses dites centrifuges, aux muscles (glandes, etc.), où la cinèse se traduit par une contraction, un mouvement de masses, de notre corps en totalité ou de parties du corps (ou par un mouvement chimique, une sécrétion). La forme spéciale de ce mouvement ultime, macroscopique, dépend notamment de la mécanique macroscopique des muscles ainsi mis en activité, et du squelette, mais aussi du système nerveux. — Aux mouvements ultimes, ainsi provoqués au loin, à la suite d'une photo-réception, nous donnons le nom de « *photo-réactions* » ou de photo-cinèses. Il est clair que les cinèses provoquées dans le système nerveux sont aussi des photo-réactions ; on pourrait les nommer photo-réactions nerveuses (ou endocinèses), pour les distinguer des photo-réactions musculaires (ou exo-cinèses). — Tous ces processus (physiologiques) peuvent être observés, étudiés, à l'aide de nos organes des sens externes. De plus, en tenant compte des forces dites latentes et des forces de dégagement, on trouvera que depuis les

vibrations de l'éther et la photo-réception jusqu'à la réaction ultime, ces processus successifs sont tous reliés entre eux par la loi de la conservation de l'énergie cosmique. Le bilan est loin d'être établi tout le long de la chaîne physiologique, mais nous en savons assez pour pouvoir affirmer qu'il est possible de l'établir. Tout le long de la chaîne esquissée, les processus sont donc reliés entre eux par cette loi de la constance de la somme d'énergie, ce qui revient à dire que l'un de ces processus est *cause* physiologique, c'est-à-dire physique, de celui qui le suit.

A cela vient s'ajouter chez l'homme le fait révélé seulement par le sens intime, notamment la sensation lumineuse. Elle naît chaque fois que l'influx nerveux arrive dans une partie déterminée de l'écorce cérébrale. La sensation lumineuse est donc aussi une photo-réaction, mais d'une espèce très particulière ; c'est une photo-réaction « psychique ». On dit donc généralement que la photo-réception (ou les processus nerveux qui s'ensuivent) en sont la cause. Mais il est bien entendu que cette causalité est d'un tout autre ordre que celles qui sont conformes à la loi de la conservation de l'énergie physique (voir p. 18). Aucune fraction de l'énergie physique ne disparaît comme telle, et ne se transforme en sensation. Nous connaîtrions à la perfection le fonctionnement de l'écorce cérébrale, que cela ne nous dirait pas « pourquoi » naît la sensation, pourquoi naît ici tel état de conscience, ailleurs un autre ; nous ne le saurions pas comme nous saurons un jour pourquoi l'arrivée de l'influx au muscle en provoque la contraction, pourquoi l'arrivée de l'influx nerveux à la glande

provoque une sécrétion, et même une sécrétion de telle qualité ; nous ne le saurons jamais comme nous savons pourquoi une pression exercée sur un levier d'une locomotive fait avancer un train. Rien ne sert de masquer ici notre ignorance, et mieux vaut clouer en vedette, au bord de cet hiatus insondable de nos connaissances, le mot « *ignorabimus* » (DU BOIS REYMOND).

Ce qui est vrai des sensations l'est également des autres catégories psychiques visuelles, tels que l'extériorisation, la localisation visuelle, la volonté en tant qu'elle a rapport avec les photo-réactions. Tout ce que nous pouvons dire dès aujourd'hui, c'est que l'influx nerveux, résultant de la photo-réception, se propage dans l'écorce cérébrale, dans les centres dits d'association, où il provoque ces divers états de conscience. — Notre investigation physiologique ne peut se porter sur les états psychiques eux-mêmes, par exemple pour en déterminer l'essence. Mais nous pouvons les accepter comme donnés par le sens intime, et nous demander par exemple en quels endroits l'influx nerveux devient conscient sous telle ou telle forme psychique ; nous pouvons rechercher quels changements naissent dans les états psychiques sous l'influence de toutes sortes de variations de l'état physiologique, etc. ; en d'autres mots, nous pouvons étudier le déterminisme physiologique des états psychiques. Ce sont là questions de la science dite « psycho-physique ». — On remarquera immédiatement qu'en tant qu'elle mène à des résultats incontestables, dépassant ce que nous a fourni la psychologie interne, la psycho-physique fait en réalité partie

intégrante de la physiologie, et surtout de la physiologie des organes des sens.

L'observation « vulgaire » et *certaines* spéculations psychologiques pures ont fait admettre entre les faits physiologiques et les faits psychiques des rapports de causalité que nous devons regarder de plus près. — Trois éléments d'un acte visuel s'imposent au vulgaire avec une évidence absolue : l'agent physique, la réaction motrice ultime, et le fait psychique. Les deux premiers sont révélés par les sens externes, le dernier par le sens intime. C'est entre ces trois ordres de faits qu'on a établi des relations de causalité, qui devaient forcément pécher sous plus d'un rapport, vu qu'en les établissant on ignorait réellement (ou de parti pris) les photo-cinèses nerveuses, qui ont cependant une importance prépondérante dans la question. Bien plus, nous allons voir qu'en établissant ces prétendus liens de causalité, le plus souvent on néglige absolument l'un de ces trois termes : en parlant des sensations, on néglige les réactions, et en parlant de ces dernières, on néglige les réceptions (par exemple en cas de mouvements voulus).

Le chapitre des sensations visuelles est généralement conçu tout entier sans qu'on tienne compte des photo-réactions physiologiques. Ces sensations sont généralement envisagées comme l'aboutissant ultime et unique de tout processus photo-récepteur, ce qui est une erreur profonde. — Mais il y a plus. Le « sens vulgaire », la mentalité de la foule, a fait de la qualité psychique, « sensation lumineuse », un attribut de l'agent physique, c'est-à-dire des vibrations de l'éther, ou encore des corps qui émettent ces vibra-

tions. La logique a depuis longtemps montré la fausseté de cette manière de voir. Si quelque chose est lumineux, rouge, bleu, c'est nous-même, ou plutôt notre conscience.

D'autre part, le même « sens vulgaire » et *certaines* conceptions psychologiques voient dans certains états de conscience, dans la « volonté », etc., là cause réelle de diverses photo-réactions motrices. Ceci est aussi peu légitime que d'attribuer à l'agent physique les qualités sensorielles. Si on nomme les états psychiques « causes » des mouvements, encore une fois il s'agit d'une causalité qui ne suit pas les lois de la conservation de l'énergie. Pour nous, physiologistes, ce ne sont pas là des causes (voir p. 117). Nous aurons à rechercher aux mouvements visuels des causes physiologiques, reliées à ces mouvements par la loi de la conservation de l'énergie. Si nous pouvions supprimer les faits de conscience, sans toucher à l'intégrité anatomique et physiologique de l'appareil nerveux, nos photo-réactions continueraient à se produire normalement. Nous pensons que cette expérience est irréalisable. Songeons cependant aux photo-réactions compliquéees d'un pigeon privé de son écorce cérébrale. — *La volition,* dit excellemment Ribot[1], *n'est la cause de rien,* mais il ajoute : « Les actes et mouvements qui la suivent résultent directement des tendances, sentiments, images et idées qui ont abouti à se coordonner sous la forme d'un choix. » — Nous, physiologistes, nous devons ramener à des dimen-

1. Ribot (Th.). *Les maladies de la volonté.* Paris, 1885, 3e édit.

sions physiologiques toutes ces catégories psychiques, ces « tendances, ces sentiments, ces images, ces idées, etc », tout comme la « volition » ; autrement dit nous devons rechercher les processus physiologiques dont ces états de conscience sont les *épiphénomènes psychiques*. La phrase de Ribot devient alors celle-ci : « Les actes et mouvements qui suivent la volonté résultent directement d'innervations centrales diverses », — et nous y souscrivons des deux mains.

Inutile de relever expressément que cette tâche ne peut pas être accomplie dans toute son étendue, et qu'en physiologie visuelle notamment, force nous sera de parler encore des états psychiques. Mais il est bien entendu que, pour nous physiologistes, les termes psychiques ne sont que des étiquettes appliquées sur des processus nerveux non encore étudiés. Ce sont béquilles psychologiques nécessitées par notre ignorance en physiologie, et dont nous nous débarrasserons au fur et à mesure que notre savoir physiologique s'étend.

La psychologie enseigne que le fait psychique élémentaire, simple, fondamental, serait la sensation. Tous les autres, y compris la volonté, seraient dérivés des sensations, seraient composés de plusieurs sensations. Pour le comment de cette dérivation, nous renvoyons aux divers articles de cette « *bibliothèque* » *(volonté, imagination)*. On range volontiers les faits psychiques visuels sous deux rubriques : celle des *sensations visuelles* et celle de la *perception visuelle de l'espace* ou *extériorisation visuelle*, ou encore *vision proprement dite*. En cela, l'école ré-

gnante en physiologie visuelle a emboîté le pas à la psychologie : les faits d'extériorisation visuelle seraient compliqués, comparés à ceux des sensations visuelles, qui seraient simples. — Nous verrons toutefois que les faits ne légitiment guère cette manière de voir. En effet, sous le nom de « sensations visuelles » on décrit un ensemble de faits psychiques visuels dont le déterminisme physiologique est certainement moins bien déterminé que celui des faits d'extériorisation visuelle. Il ne semble donc pas, physiologiquement parlant, que la sensation visuelle soit plus simple que l'extériorisation visuelle. Au contraire, nous verrons que phylogénétiquement parlant, les faits d'extériorisation visuelle semblent avoir précédé ceux des couleurs et des sensations visuelles en général.

Dès maintenant on entrevoit le « pourquoi », ou le déterminisme physiologique de tout un ensemble de phénomènes visuels d'extériorisation. Dès maintenant donc, nous pouvons les envisager à un point de vue purement physiologique, en nous bornant à signaler les états psychiques correspondants, comme de simples épiphénomènes psychiques des processus nerveux. Ce sont les phénomènes fondamentaux de ce qu'on décrit généralement sous le nom d'extériorisation des sensations visuelles, de *projection visuelle*, de *vision proprement dite*, monoculaire et binoculaire. Contrairement au procédé habituel, nous allons commencer par discuter ces derniers actes visuels, plus accessibles à l'analyse physiologique, puis seulement nous parlerons des sensations visuelles.

EXTÉRIORISATION VISUELLE. — PERCEPTION VISUELLE DE L'ESPACE. — VISION PROPREMENT DITE.

II. **Définition de la vision corporelle.** — « Voir » quelque chose, dit-on communément en langage psychologant, spiritualiste, c'est reporter en dehors de nous nos qualités sensorielles visuelles, et les rattacher à leur cause physique (supposée), à l'objet qui émet les vibrations de l'éther. « Extérioriser », « projeter » sont d'autres désignations pour cette opération psychique. — Sous le nom de « vision corporelle » la physiologie comprend donc l'ensemble des faits physiologiques visuels qui sont accompagnés de cette extériorisation de nos sensations visuelles.

Le déterminisme physiologique des faits d'extériorisation visuelle comprendrait les questions suivantes : *a)* la marche de la lumière dans l'œil (dioptrique oculaire, emmétropie, myopie, hypermétropie, astigmatisme) ; *b)* l'accommodation de l'œil ; *c)* la photoréception ; *d)* les processus nerveux qui suivent la photo-réception (photo-réactions nerveuses) ; *e)* les photo-réactions motrices, et *f)* pour mémoire au moins, les phénomènes psychiques dits d'extérioration visuelle. — Inutile de dire que cette carte-programme présente encore d'immenses espaces inexplorés.

Notre objectif spécial étant d'envisager la vision au point de vue psychologique, nous allons nous attacher surtout aux faces du problème qui donnent lieu à des considérations psychologiques. Nous négligerons donc la réfraction de la lumière dans l'œil ;

elle est depuis longtemps devenue un chapitre achevé de physique appliquée, ne présentant plus de prise aux spéculations psychologiques. L'accommodation est aujourd'hui en majeure partie — mais pas tout à fait — dégagée des mystères psychiques. Nous en dirons un mot. Le processus même de la photo-réception, bien que peu connu encore, est cependant envisagé comme un fait d'ordre purement physiologique (malgré que certains auteurs y admettent « quelque chose de lumineux »). Nous aurons à nous occuper surtout des photo-réactions psychiques, mais aussi des photo-réactions physiologiques, en tant qu'elles révèlent des rapports spéciaux avec les photo-réactions psychiques.

Réduite à sa plus simple expression, à la vision d'un point, l'opération de l'extériorisation consiste, comme on dit communément, à porter un double jugement visuel : *a)* sur la direction dans laquelle se trouve ce point par rapport à nous, et *b)* sur la distance de ce point par rapport à nous. La première *vision* est celle *de la direction* ; la seconde est *la vision de la distance*. Nous adoptons pour notre exposé cette distinction psychologique, bien qu'en réalité il n'y ait pas de vision de direction pure, et que toute vision est en même temps une vision de la distance.

VISION DE DIRECTION. — PROJECTION RADIAIRE OU ANGULAIRE.

III. **Aperçu sur la vision de direction en langage psychologant.** — Un œil en repos, dit-on, suffit

pour signaler les directions des objets visuels par rapport à nous. Géométriquement, les objets « vus » peuvent être conçus comme disposés autour de l'œil, suivant les rayons d'une sphère dont l'œil serait le centre, d'où le nom de « projection radiaire » d'un point, ou de « vision de direction ». Et comme deux points peuvent être projetés simultanément chacun suivant un autre rayon de cette « sphère de projection », les deux rayons délimitant un angle plus ou moins grand, on parle aussi de « projection angulaire ».

Généralement on n'accepte pas le fait de l'extériorisation visuelle comme une chose non susceptible d'une analyse ultérieure. Une foule d'auteurs ont essayé de pousser la question plus loin, en partant de la notion cartésienne de la sensation visuelle en soi, subjective, dépourvue de toute extérioration, de toute localisation. Le raisonnement suivant est un des plus répandus. Les sensations visuelles, dit-on, n'ont en elles-mêmes rien de corporel, d'objectif, rien d'une direction ni d'une étendue d'aucune espèce. Cependant, comme une sensation blanche par exemple, due à la photo-réception d'un cône rétinien déterminé, est localisée dans une autre direction que la sensation identique due à la photo-réception d'un autre cône, il faut que l'une de ces deux sensations visuelles diffère en « quelque chose » de l'autre. Nommons, avec LOTZE, « signe local », ce quelque chose qui fait que nous distinguons l'excitation d'un cône de celle d'un autre cône. Le signe local est inconscient, il peut n'avoir en soi rien de corporel, rien d'une direction ; mais il suffit, à notre sens

intime, pour distinguer les deux sensations. Or, à l'aide d'autres sensations (tactiles, musculaires, etc.), en portant, par exemple, la main en haut, en bas, etc., de façon à offusquer le corps lumineux, on s'est convaincu un grand nombre de fois qu'à tel signe local (c'est-à-dire à l'excitation de tel bâtonnet) correspond un objet en haut, et à tel autre un objet en bas, etc. Et à force d'avoir interprété corporellement ces signes locaux des sensations visuelles, ce contrôle est devenu inutile. — Faisons observer tout de suite que cette manière d'envisager les choses n'aboutit au fond qu'à déplacer le problème de la projection visuelle sur un autre terrain, sur celui des sensations tactiles et musculaires de nos extrémités, ou encore sur celui des projections ou localisations tactiles, conformément du reste à l'opinion de CONDILLAC[1] et de BERKELEY[2], qui font découler du sens tactile toutes les fonctions objectivantes de tous les organes des sens.

Nous ne suivrons naturellement pas les auteurs sur ce terrain; qu'il nous suffise de rappeler que là aussi ils sont acculés à cette chose impossible, contraire à la logique, consistant à faire reposer les représentations spatiales sur des sensations, c'est-à-dire sur une catégorie psychique qui, au dire des mêmes auteurs, n'aurait absolument aucune étendue[3].

1. CONDILLAC. *Traité des sensations*, 1754.
2. BERKELEY. *Theory of vision*. London, 1769.
3. En effet, soit qu'on se rallie à la conception de HERBERT SPENCER, qui dérive la représentation spatiale tactile de « séries sensorielles continues et réversibles », ou qu'avec BAIN, WUNDT et d'autres on admette que la notion tactile de l'espace résulte « de la combinaison d'une sensation de mouvement avec n'im-

Quant à la nature même du signe local visuel, on peut dire hardiment qu'il n'y a guère deux auteurs qui soient du même avis. Les opinions émises peuvent se grouper sous trois rubriques, sans que cependant nous voulions dire par là qu'un auteur donné s'en tienne à une opinion déterminée. Plus d'un invoque ici telle opinion, et plus tard une autre. Souvent on a l'impression comme si l'auteur cherchait à obtenir ici par la quantité de ses arguments ce qui lui est refusé de par leur qualité.

1° En premier lieu, il a l'opinion qui voit dans le signe local une qualité inconsciente, inhérente à la sensation visuelle, différente selon le bâtonnet rétinien excité, et qui suffirait néanmoins pour distinguer l'excitation d'un bâtonnet de celle d'un autre. Il s'agirait d'une sensation inconsciente, ou d'une qualité inconsciente de nos sensations visuelles, et qui néanmoins suffirait pour y asseoir un jugement sur une qualité aussi consciente que celle de la direction visuelle. Une sensation inconsciente ! Voilà certes deux termes qui hurlent d'être accouplés. Comme si la conscience n'était pas de l'essence même de la sensation. Les sensations inconscientes jouent néanmoins un rôle prépondérant tout le long de la physiologie optique de nos jours. Sans elles, l'édifice craque de tous côtés.

2° Pour LOTZE[1], le signe local est composé ; c'est

porte quelle autre sensation », ou encore qu'avec HELMHOLTZ, etc., on déduise cette même notion de jugements inconscients, toujours et invariablement on déduit les notions corporelles de sensations, et celles-ci, les mêmes auteurs les conçoivent comme dépourvues de toute étendue.

1. LOTZE. *Medicinische Psychologie*. Leipzig, 1852.

une espèce de synthèse de toutes sortes d'autres sensations, tactiles, musculaires, accompagnant les mouvements oculaires. Nous verrons que l'excitation d'un point de la périphérie rétinienne provoque un mouvement oculaire (et même un mouvement de la tête) qui amène le point lumineux en fixation. Ce mouvement diffère de direction selon que le point rétinien éclairé est à droite, à gauche, etc., de la fovea rétinienne ; il est d'autant plus excursif que le point excité est plus excentrique. Ce seraient les sensations musculaires et tactiles occasionnées par ces mouvements qui constitueraient le signe local visuel. Toute représentation de direction résulterait du souvenir des sensations musculaires et tactiles nécessaires pour faire migrer le regard d'un point fixé à l'autre.

Nous soutenons que notre conscience ne nous dit absolument rien de ces prétendues sensations accompagnant les mouvements oculaires, ni des sensations musculaires, ni même des sensations tactiles. Ce n'est que par l'observation de notre semblable, ou de nous-même dans un miroir, que nous avons conscience des mouvements des yeux, jamais par introspection. Il en est ainsi à toute évidence des prétendues sensations musculaires[1]. Quant aux sensations tactiles, peut-être qu'en s'observant avec force attention, finira-t-on par en démêler quelque trace vague lors des mouvements oculaires très excursifs. — Ainsi nous aboutissons encore une fois à des sensa-

1. Pour l'exposé des sensations musculaires, voir Woodworth. *Le Mouvement*, 1903, p. 5 (Cette « Bibliothèque »).

tions inconscientes, ou bien aux sensations « subconscientes » de certains auteurs. Mais voudrait-on baser sur ces vagues sensations, dont l'existence même est problématique, un fait aussi précis et déterminé que la projection visuelle? Sensations subconscientes ou sensations inconscientes, c'est en l'espèce choux vert et vert choux.

3° On a aussi recherché l'élément sensoriel constitutif du signe local dans les « sensations de l'innervation motrice », accompagnant les mouvements nécessaires pour amener en fixation un point lumineux vu indirectement. La sensation d'innervation serait un état de conscience accompagnant toute innervation motrice, mais bien différent de la volonté[1]. L'intensité de cette sensation renseignerait et sur la direction et sur le degré de l'écart angulaire entre un point lumineux périphérique et le point de fixation. Le souvenir de cette sensation aurait fini par adhérer à la sensation lumineuse, et déterminerait la localisation de cette dernière.

Les sensations d'innervation ont été admises surtout pour expliquer certaines observations que les sensations musculaires et les sensations tactiles paraissaient impuissantes à expliquer. Du nombre de ces faits sont les deux suivants : *a)* Les sensations musculaires (et tactiles), dit-on, nous renseignent sur les mouvements passifs octroyés à nos membres. Or, un œil auquel on imprime un mouvement passif localise comme s'il ne s'était pas déplacé ; son porteur n'est donc pas renseigné sur le déplacement, ce qui semble

1. Voir Woodworth. *Le Mouvement*, 1903, p. 337.

exclure, pour les mouvements oculaires, tout renseignement tactile ou du sens musculaire ; *b)* Par contre, en cas de paralysie des muscles oculaires, l'œil localise comme si les muscles mouvaient réellement l'*œil* ; et cependant ce dernier reste immobile. Ici la localisation visuelle se modifie, bien qu'on ne puisse invoquer ni des sensations tactiles, ni des sensations musculaires.

Longtemps les sensations d'innervation ont été en physiologie des organes des sens le *deus ex machina* sauveur chaque fois qu'on se trouvait à court d'arguments. De même que les sensations musculaires, et analogues en cela au cheval de Roland, elles étaient douées de toutes les qualités, et n'avaient qu'un défaut, celui de ne pas exister. Ce sont en effet de nouveau des sensations inconscientes. Aujourd'hui, elles tendent à être abandonnées [1].

En fait d'auteurs qui ont invoqué les sensations d'innervation en vision radiaire, soit exclusivement, soit concurremment avec d'autres hypothèses sur le signe local, citons notamment J. Mueller [2], Helmholtz [3], Exner [4], Wundt [5]. Nous renvoyons notamment à Sherrington pour les différents mécanismes cérébraux auxquels on suppose liées les sensations d'innervation. — Helmholtz

1. Voir Woodworth. *Loc. cit.* et Sherrington, in *A system of Physiology by* E. A. Schaeffer. London, 1900, vol. II, p. 1002.

2. J. Mueller. *Zur vergleich. Physiol. d. Gesichtsinns.* Leipzig, 1826, II, p. 360, 182.

3. Helmholtz. *Physiologie optique.* Paris, Masson, 1867, p. 682 et 1005.

4. Exner (S.). *Entwurf einer physiol. Erklärung d. psychischen Erscheinungen.* Leipzig, 1894.

5. Wundt. *Physiol. psychol.* Leipzig, 1880.

invoque successivement, comme constituant le signe local, une qualité inconsciente de la sensation visuelle, des sensations musculaires, et enfin des sensations d'innervation. WUNDT, d'abord un partisan convaincu des sensations musculaires, semble plus tard s'être rallié plutôt aux sensations musculaires. — Les sensations musculaires sont généralement invoquées par tous les auteurs. — Quant au signe local (inconscient) adhérant à la sensation visuelle elle-même, HELMHOLTZ l'admet concurremment avec les autres éléments.

Mais les sensations (inconscientes et subconscientes) ne suffisent pas pour expliquer la localisation visuelle radiaire. En effet, dans la théorie psychologique, les sensations en général ne renferment aucun élément objectif. On invoque donc, en plus, des jugements basés sur ces sensations et sur des expériences antérieures, jugements concluant par analogie, et disant que dans un grand nombre de cas, et par conséquent toujours, telle sensation (inconsciente même) signifie telle localisation; nous nous en serions convaincus à l'aide d'autres organes de sens. Nous en appelons à l'évidence fournie par le sens intime d'un chacun de nous : la conscience de la projection est immédiate; il n'y a pas de trace de ce jugement préalable (pas plus que des sensations invoquées). Qu'à cela ne tienne, disent les auteurs psychologants (HELMHOLTZ, etc.), ce jugement est inconscient lui aussi!

Dans l'école écossaise (BAIN[1], LOCKE[2], STUART MILL[3],

1. BAIN (A.). *The senses and the intellect*, 2e édit., p. 247.
2. LOCKE. *Essay on human understauding*, trad. franç. Londres, 1720, l. II et IV.
3. STUART MILL. *Syst. de Logique*, 3e édit., trad. franç., 1889.

etc.), le mot « association » remplace celui de « jugement inconscient ». Toute représentation, toute projection résulterait de l'association de faits psychiques plus simples, notamment de sensations, qui seraient les catégories psychiques élémentaires. Mais cette association serait tellement intime que dans la contexture du produit de cette « chimie psychique » on ne démêlerait plus les constituants élémentaires, à peu près de même que dans l'eau, on ne reconnaît plus ni l'hydrogène, ni l'oxygène. Dans le cas présent, les sensations visuelles et les prétendues sensations des mouvements, etc., s'associeraient pour constituer la projection visuelle..

Quelle que soit du reste la manière plus exacte dont on se figure les choses, on recourt toujours à la sensation visuelle pure, non corporelle, interprétée corporellement à l'aide de l'expérimentation. Mais, nous le répétons, notre sens intime ne révèle pas trace de cette expérimentation individuelle, dont parlent les auteurs. Ensuite personne n'a jamais éprouvé une sensation visuelle pure, subjective, sans objectivation d'aucune espèce. Comme le dit Hering [1], toute sensation visuelle quelconque (blanche, rouge, etc.) a même généralement au moins deux dimensions. La sensation visuelle pure est une chose d'imagination, non existante.

Pour le physiologiste, tous ces raisonnements, toutes ces « théories » ont le vice rédhibitoire d'être de

1. Hering (Ew.). *Beitr. z. Physiol.* Leipzig, 1861-64, p. 159, 289 et 323. L'article Sehen, dans le *Handb. d. Physiol. de Hermann*, 1879, t. III.

pures spéculations métaphysiques, de partir de certains états de conscience, et la plupart du temps d'états de conscience supposés. Elles n'ont pas plus de valeur physiologique que des raisonnements sur les mouvements de notre corps basés exclusivement sur la nature (psychique) de la volonté ; ma raison physiologique se refuse absolument à leur accorder une valeur sérieuse.

Néanmoins, les raisonnements psychologiques et la « philosophie de l'inconscient » sont des monnaies tellement courantes en physiologie visuelle qu'il sera utile de les creusér encore un peu, toujours pour en montrer l'inanité dans la question de la projection visuelle radiaire. Cette projection, la vision de la direction, est en effet le point fondamental de toute la vision, et il importe de la traiter à fond.

Nous contestons qu'il y ait des sensations musculaires, non seulement pour les muscles oculaires, mais encore pour les muscles en général. Il y a des innervations centripètes venant de la profondeur des appareils moteurs périphériques, et qui en règlent les contractions (lors des mouvements volontaires ou réflexes). Ces innervations ne deviennent pas conscientes sous une forme psychique comparable à celle des sensations tactiles, acoustiques, visuelles, etc.

De même aussi on parle de « sensations de l'équilibre », et néanmoins notre sens intime est muet à leur égard. Il y a des innervations procédant du vestibule de l'oreille, et qui provoquent, par acte réflexe, les contractions musculaires nécessaires au maintien de l'équilibre du corps. — Un détail assez significatif est le suivant. A propos du prétendu sens de l'équilibre, les auteurs sont unanimes pour parler de *réflexes* de l'équilibra-

tion aussi longtemps qu'ils s'occupent des animaux. Ce n'est qu'à propos de l'homme qu'ils invoquent les « sensations d'équilibre » et y voient le motif déterminant des contractions musculaires nécessaires au maintien de l'équilibre; et cependant, ces contractions se produisent chez l'homme absolument de la même façon que chez les animaux. Tout au plus invoque-t-on, comme preuve de ces sensations, la vague sensation de « vertige » qui survient lorsque l'équilibre est rompu. Étrange cause du maintien de cet équilibre qui ne survient que dans les cas exceptionnels, où précisément le mécanisme physiologique de cet équilibre est rompu!

En ce qui regarde les sensations musculaires, les preuves de leur existence sont tout aussi aléatoires. Woodworth par exemple prétend en fournir la preuve en démontrant que les organes locomoteurs profonds renferment des nerfs centripètes, puis en signalant certaines sensations réelles (de fatigue, douleurs, etc. mais exceptionnelles), dont le point de départ est dans les muscles.

Nous savons bien qu'exceptionnellement les nerfs centripètes profonds de nos membres peuvent donner lieu à des sensations. Nous n'ignorons pas que les innervations centripètes issues de la profondeur de nos membres en règlent les mouvements, même les plus volontaires, et influent sur la représentation spatiale de ces membres, tout comme certaines innervations issues dans l'oreille interne produisent le réflexe de redressement du corps (ou stato-réflexe) et influent sur la représentation du haut et du bas. Car nier tout cela ce serait nier le soleil en plein midi. Ce que nous contestons, c'est que le fonctionnement des nerfs centripètes profonds des membres, et celui de la branche vestibulaire du nerf acoustique, produisent normalement des sensations. Nous contestons surtout que les vagues sensations qui accompagnent exceptionnellement le fonctionnement de ces

nerfs soient la matière première nécessaire pour la production des représentations spatiales qui sont manifestement liées au fonctionnement de ces mêmes nerfs.

Notre manière d'envisager les choses se dégagera peu à peu, dans les pages suivantes. Notre objectif momentanée est de relever tout d'abord l'insuffisance des explications qu'on donne couramment de la projection visuelle radiaire.

Nous avons signalé plus haut (p. 129 et 130) que certaines observations faites en cas de paralysie des muscles oculaires semblent démontrer que les sensations musculaires et les sensations tactiles de l'œil ne sont pas la cause de la localisation visuelle. WOODWORTH[1], faisant sienne une argumentation de JAMES, prétend que les sensations du second œil, non paralysé, et qui se meut, même s'il est fermé, servent à localiser. — A cela nous objectons qu'alors en cas d'absence complète d'un œil, le second, paralysé, ne devrait pas présenter la projection paralytique. Or, rien de pareil n'est consigné dans la littérature, et nous osons prédire que personne n'observera chose pareille.

Une preuve sérieuse en faveur de notre manière de voir est fournie par les cas qui se présentent de loin en loin, de paralysie complète et congénitale de tous les muscles des deux yeux. Nous avons observé un cas de ce genre, une personne qui avait même fait des études supérieures, et dont l'acuité visuelle fovéale et la projection avec la périphérie rétinienne étaient normales. Or si les mouvements oculaires avaient la moindre influence sur la projection radiaire, elle serait défectueuse dans les cas de l'espèce. Les mouvements de la tête ne sont pas assez finement gradués pour pouvoir remplacer tout à fait ceux des yeux. — Nous pouvons invoquer

1. WOODWORTH. *Loc. cit.*, p. 39.

aussi les observations que SCHLODTMANN a faites sur certains aveugles de naissance, qui n'avaient jamais posé un acte réellement visuel, et chez lesquels l'excitation mécanique de la rétine (phosphènes) était localisée normalement[1] (voir à ce sujet plus loin).

Qu'on veuille bien songer au manque de logique qu'il y a à baser la projection radiaire, le fait psychique prétendûment secondaire, sur des sensations, dont les unes seraient inconscientes (sensations d'innervation, sensations musculaires), les autres subconscientes (les sensations tactiles de l'œil), les autres plus conscientes (sensations visuelles), mais en tout cas moins que l'état qu'on prétend en dériver. En effet, l'extériorisation visuelle est imposée à notre sens intime avec une évidence bien plus forte que les sensations lumineuses elles-mêmes. Nous n'hésitons pas le moins du monde sur la direction d'un objet lumineux, alors que nous ne sommes pas fixés sur sa teinte. Faire dériver d'états de conscience imprécis, d'un vague évident, d'autres états de conscience dont l'évidence et la certitude ne laissent rien à désirer, c'est un procédé d'une logique au moins douteuse.

Remarquons aussi que les partisans des signes locaux supposent les mouvements oculaires antérieurs aux sensations musculaires (ou à celles d'innervation), et qu'en un autre endroit, les mêmes auteurs invoquent ces mêmes sensations pour expliquer les mouvements. Le cercle vicieux est complet.

Les physiologistes sont unanimes pour répudier l'« animisme » d'antan, mais on oublie que les sensations inconscientes et les jugements inconscients sont de la plus pure doctrine de STAHL.

1. SCHLODTMANN, *Arch. f. Ophthalm.*, 1902, LIV, p. 256.

IV. Tendance spiritualiste en physiologie de la vision humaine en général. — Tout le long de l'exposé de la vision chez l'homme, nous rencontrons les raisonnements d'une école dont la tendance prédominante est d'ignorer à peu près complètement les faits de physiologie nerveuse, d'une tendance qui rapporte une foule de choses au « moi » conscient, qu'elle fait manœuvrer, recevoir et donner, sans tenir sérieusement compte du système nerveux. Elle invoque tout au plus, en fait de détails anatomiques, la notion des fibres nerveuses ou celle des neurones. Dans cette théorie, le moi dispose du système nerveux « à volonté », comme d'une matière brute, à peu près à l'instar d'une brodeuse qui, avec du fil et une aiguille, peut exécuter les ouvrages les plus divers... Ce ne sont que jugements visuels inconscients, basés sur des sensations le plus souvent inconscientes, et dont nous avons rencontré un exemple frappant dans le signe local. Elle invoque à tout propos l'expérience individuelle, d'où le nom de tendance « empirique » qu'on lui donne souvent. En réalité, c'est la tendance psychologante pure, et encore la tendance d'une psychologie franchement spiritualiste.

D'un autre côté, comme ces jugements visuels se rapportent à l'espace, il faut bien qu'on puisse les exprimer conformément à la science de l'espace, c'est-à-dire en un langage géométrique. Et alors il arrive qu'on croit un phénomène expliqué lorsqu'il est simplement exprimé dans ce langage. On a poussé les choses dans cette direction à un point tel qu'il semblerait vraiment que la vision de direction, comme d'ailleurs celle de la distance, serait un simple chapitre de la géométrie, et que les processus nerveux ne seraient, en vision corporelle, qu'une quantité négligeable. — On semble avoir été entraîné dans cette direction « géométrique » par l'étude de la marche de la lumière dans l'œil. La dioptrique oculaire est réellement

un chapitre de physique appliquée. — En négligeant ainsi les processus nerveux dans l'étude de la vision, on a donc été amené à donner une importance prépondérante, et certainement exagérée, aux développements géométriques et mathématiques, qui en imposent souvent pour une explication physiologique des phénomènes visuels.

L'erreur qui se trouve au fond de cette tendance doit sauter aux yeux de toute personne rompue aux conceptions modernes touchant la physiologie du cerveau et sur les déterminismes physiologiques des actions des animaux et de l'homme. Si néanmoins elle s'est maintenue si longtemps, c'est certainement en grande partie parce qu'elle s'abrite sous l'autorité absolument dominante de Helmholtz. L'illustre auteur de la « Physiologie optique » est d'avis, avec bien d'autres auteurs, que bon nombre de phénomènes visuels, et même des plus fondamentaux, ne peuvent s'expliquer par une disposition anatomique des organes en cause et par le jeu physiologique de ces organes. Aussi en beaucoup d'endroits néglige-t-il à peu près complètement les déterminismes physiologiques, et son texte ne roule-t-il que sur les déterminismes physiques, non nerveux, des phénomènes visuels psychiques. On dirait qu'impatient des longueurs qu'exigeront les recherches physiologiques nécessaires, il ait préféré sauter, en psychologant, par-dessus les broussailles physiologiques inexplorées. Il pense alors plus en physicien qu'en physiologiste ; et là où les « mathématiques » ne le servent plus, il parle « psychologie ».

Aussi Parinaud[1] n'a-t-il pas tout à fait tort en disant que « le livre de Helmholtz a immobilisé la science de la vision pendant un quart de siècle, en détournant les esprits du véritable but à poursuivre, qui est l'expli-

1. Parinaud (H.). *La Vision*. Paris, Octave Doin, 1898, p. 2.

cation des phénomènes visuels par les propriétés de structure de l'appareil visuel ».

V. Tendance plus physiologique en physiologie de la vision. — La conviction que les phénomènes visuels demandent une explication non psychologique, mais physiologique, c'est-à-dire, comme le dit excellemment Parinaud, une explication basée sur les propriétés physiologiques de l'appareil visuel, continua néanmoins à hanter certains physiologistes. Elle se faisait jour notamment à propos de questions particulières, tel auteur reconnaissant et démontrant que dans un cas donné, l'explication psychologique admise n'expliquait rien, et que le fait se comprenait à un point de vue plus physiologique.

Hering a été longtemps presque seul à soutenir le bon combat, et à déclarer que la physiologie doit envisager les états psychiques comme portés par des processus physiques dans le système nerveux, sous peine de devoir déclarer que c'est chose vaine que d'essayer de les soumettre à l'investigation physiologique ; qu'enfin ces processus physiologiques sont les vrais motifs de nos actions.

Dans les discussions auxquelles se sont livrés les partisans des deux tendances en présence, la psychologante est souvent nommée « théorie empirique », tandis que la tendance plus physiologique est désignée du nom de « théorie nativiste ». La raison en est qu'à tout bout de champ, la première invoque des raisonnements basés sur l'expérience individuelle, tandis que la seconde aime à recourir à des propriétés innées, héréditaires, et à des mécanismes nerveux congénitaux.

1. Hering (Ew.). *Loc. cit.* et *Lehre von Lichtsinne*. Wien, 1878.

Parinaud[1] et Reddingius[2] ont récemment fait des efforts sérieux pour ramener sur le terrain purement physiologique certaines questions de vision. Nous nous sentons en parfaite communion d'idées avec eux. Si néanmoins les écrits de ces auteurs semblent en plus d'un endroit en désaccord avec leurs principes, c'est en partie au moins parce qu'ils se débattent contre les difficultés de langage, forcés qu'ils sont d'appliquer à des processus physiologiques une terminologie spiritualiste.

D'autre part, il ne faut pas oublier que pour la tendance physiologique, la science de la vision renferme et renfermera lontemps encore d'immenses *terræ ignotæ*. A première vue, il en résulte pour elle une infériorité choquante vis-à-vis de la tendance psychologante, qui explique tout, ou à peu près tout, mais malheureusement à l'aide d'arguments qui n'ont pas cours en physiologie.

Le problème de la projection radiaire notamment, le plus fondamental de toute la vision, reste toujours entouré de nuages psychologiques. Les plus radicaux d'entre les auteurs se bornent à dire avec J. Mueller et Hering que toute sensation visuelle renferme d'essence un élément corporel, et possède même au moins deux dimensions; que la sensation visuelle n'existe pas en dehors de l'espace. Dans leurs développements, ils partent toujours des sensations visuelles, et non des faits physiologiques. — Il nous a semblé que sur le terrain de la projection radiaire il y avait moyen d'être dès maintenant plus radical que les auteurs signalés, c'est-à-dire de pousser plus loin l'analyse physiologique de la projection radiaire, et de considérer celle-ci comme

1. Parinaud. *Loc. cit.*
2. Reddingius (R.-A.). *Das sensumotorische Sehwerkzeug*. Leipzig, 1898.

un simple épiphénomène psychique de certains processus nerveux provoqués par les photo-réceptions. Pour ce faire, nous éviterons soigneusement de partir des états de conscience visuelle, par exemple des sensations visuelles. Notre étude de la vision chez les animaux nous indique la voie à suivre chez l'homme. — Les efforts des auteurs qui se placent sur le terrain physiologique ayant porté plus particulièrement, soit sur la question des sensations visuelles (HERING, PARINAUD), soit sur celle de la vision binoculaire (HERING, PARINAUD, REDDINGIUS, etc.); toute leur doctrine de la vision objective devait rester sans base solide. Cette base en effet doit être fournie par la vision radiaire, monoculaire.

Nous espérons pouvoir fournir, sinon cette base véritable, au moins quelques pierres pouvant servir à la construire.

LA PROJECTION RADIAIRE ENVISAGÉE A UN POINT DE VUE EXCLUSIVEMENT PHYSIOLOGIQUE.

VI. **Mouvements visuels, réflexes et volontaires. Photo-réactions somatiques et oculaires.** — Avant d'aborder le fond de la question, éclairons notre marche de deux remarques préalables. Dans chaque question de projection, de vision corporelle, nous rencontrerons des mouvements, des contractions musculaires qui, la plupart du temps, ont les caractères de mouvements réflexes incités par des photo-réceptions, et qui, quelquefois, peuvent être plutôt qualifiés de volontaires. Pour ne pas embrouiller notre exposé, nous allons d'abord les envisager en

tant qu'ils sont réflexes. Plus loin nous les reprendrons en tant que volontaires. — Signalons aussi dès maintenant une distinction fondamentale entre les mouvements visuels. Tous sont des photo-réactions. Les unes sont *somatiques* (photo-réactions sur le corps ou sur des parties du corps, celles-ci tenant lieu de celles-là), nous mettent directement en rapport avec le monde extérieur. Les autres sont des *photo-réactions oculaires* (sur les yeux). Les premières constituent les vraies photo-réactions, qui existent seules à l'origine phylogénétique de l'organe visuel. Elles sont le « but » physiologique, la raison d'être des photo-réceptions. Les secondes, les photo-réactions oculaires, ne sont pas un but physiologique des photo-réceptions, mais un moyen pour assurer les photo-réactions somatiques dans des sens déterminés.

VII. **Des photo-réactions somatiques élémentaires. L'homme héliotropique.** — Quels effets moteurs produiraient les photo-réceptions chez un homme (imaginaire), ne possédant originairement qu'un seul bâtonnet ou cône rétinien ? — Cet homme se mouvrait évidemment à droite, à gauche, en avant, en arrière, etc. Mais il est certain que le plus souvent il ne le ferait pas en vertu de ses photo-réceptions. Une lumière promenée autour de lui ne provoquerait une réaction que si elle éclairait l'unique bâtonnet. Cette réaction serait somatique, et, de plus, d'essence héliotropique. — Ces deux caractères fondamentaux de la photo-réaction sont généralement masqués chez l'homme normal, réel ; chez lui, la photo-réception provoque généralement un mouvement oculaire qui

amène la lumière en fixation, puis seulement survient le mouvement somatique, en qualité de photo-réflexe fovéal. Mais cela résulte de la complication de l'organe visuel humain, complication qui masque les propriétés fondamentales des photo-réceptions non fovéales. Chez notre homme idéal, à un seul bâtonnet, le réflexe sur l'œil ne se produit pas ; la photo-réception produit d'emblée un photo-réflexe somatique. — Cet état est approximativement réalisé dans les cas pathologiques où un petit îlot rétinien fonctionne seul ; tantôt c'est une partie périphérique, tantôt c'est la fovea. Le dernier cas réalise même tout à fait notre hypothèse, attendu que chez l'homme réel aussi, les photo-réceptions fovéales ne produisent aucun mouvement oculaire, mais seulement un photo-réflexe somatique. Dans certaines conditions idéales, consistant dans le repos cérébral absolu et en l'absence de toutes autres réceptions (absence de toutes endocinèses et exocinèses), c'est invariablement *vers la lumière* que se déplace le corps en totalité, ou au moins en partie (tronc, tête, mains), la photo-réaction somatique partielle tenant lieu d'une photo-réaction somatique totale.

Le caractère de mouvement d'attaque ou d'héliotropie positive de cette photo-réaction somatique ressort à l'évidence d'observations faites sur des enfants. Dans l'obscurité, l'apparition d'une lumière provoque un mouvement du corps *vers* la lumière, déjà et surtout chez le nourrisson tenu sur le bras de sa nourrice. Chez lui, les influences frénatrices cérébrales ne se font pas encore sentir comme chez l'adulte éduqué. On sait qu'il en est de même du vertébré supérieur adulte qui n'a pas été dressé pour ne pas exécuter cette phototropie. — Chez

l'homme adulte, ces expériences réussissent encore en chambre noire, mais la réussite est plus difficile parce que le « repos cérébral » ou « l'état héliotropique » y est difficile à réaliser.

Une différence importante entre la chenille héliotropique et l'homme muni d'un seul bâtonnet est que pour des motifs purement physiques, l'organe photo-récepteur de la chenille est accessible à la lumière venant de tous les côtés, tandis que celui de l'homme ne peut recevoir des rayons que d'une seule direction. Les choses s'égalisent davantage si l'homme au seul bâtonnet porte une cataracte, qui diffuse la lumière dans l'œil ; alors une source lumineuse placée n'importe où, dans le champ visuel, peut provoquer le mouvement. Seulement, la chenille se dirige vers la lumière réelle, tandis que cet homme se dirige toujours vers l'endroit où la lumière devrait être pour éclairer normalement le bâtonnet en question. Il y a chez l'homme une dioptrique rétinienne, en vertu de laquelle la lumière n'arrive normalement dans l'organe photo-récepteur que suivant une seule direction. Chez la chenille, les choses se passeraient d'une manière analogue, si on l'éclairait moyennant un miroir fixe qu'on inclinerait de façon à éclairer l'animal avec des positions très diverses de la source éclairant : il se dirigerait toujours vers le miroir, quelle que fût la situation de la source lumineuse. Chez l'homme, la dioptrique rétinienne fait l'office de ce miroir.

VIII. **Valences motrices somatiques des photo-réceptions.** — Passons maintenant à la rétine renfermant un très grand nombre de cônes et bâtonnets, mais dans un œil d'abord supposé immobile. Alors chaque cône ou bâtonnet, pris isolément avec ses connexions nerveuses et musculaires, provoquerait un mouve-

ment d'attaque, une phototropie positive spéciale : un bâtonnet situé à droite dans la rétine provoquerait un mouvement somatique héliotropique ou d'attaque vers la gauche ; un bâtonnet gauche, un mouvement vers la droite, etc. — Chez l'homme réel, ces mouvements « d'attaque » multiples ne se produisent généralement pas, à cause des mouvements oculaires (voir plus bas).

Cette multiplicité des photo-réactions somatiques ressort peut-être avec plus d'évidence de l'examen des photo-réactions somatiques de défense. Dans certaines conditions (dépendant de l'état momentané du cerveau), chaque photo-réaction provoque, non un mouvement d'attaque, mais un mouvement élémentaire de défense, de répulsion. Et ce mouvement diffère selon le bâtonnet rétinien en cause, à peu près comme chez la mouche (voir p. 74).

Chaque bâtonnet ou cône, avec ses connexions nerveuses et musculaires, est donc un organe visuel à part, doué d'un effet moteur somatique à part, mais univoque ; il est comparable à l'organe visuel total de la chenille (voir p. 33 et suiv.). Chez l'homme, il y a donc un très grand nombre d'organes visuels élémentaires, dont chacun a sa *motricité somatique* ou sa *valence motrice somatique* à lui, bien déterminée, et déterminée surtout pour des raisons de mécanique cérébrale. — On peut parler de la valence motrice d'une photo-réception au même titre que de la motricité d'un territoire cortical, et même de celle d'un nerf musculaire. Ce nerf lui aussi est moteur pour des raisons anatomiques (parce qu'il aboutit à un muscle). — La forme de la photo-réac-

tion provoquée par un œil élémentaire dépend de ses connexions nerveuses et musculaires.

De même aussi chez le vertébré un peu supérieur (chien, etc.) l'excitation tactile (non excessive) d'un endroit de la peau d'une extrémité provoque une réaction réflexe plus ou moins différente de celle occasionnée par l'excitation d'un autre point, à moins que les deux soient très voisins.

IX. **Différences entre les photo-réactions somatiques suivant l'étendue de la rétine.** — Voyons d'abord, dans le langage habituel, plus ou moins psychologant, ce dont il s'agit. Le pouvoir de distinction, l'acuité visuelle est très diversement répandue sur la rétine. Elle n'est parfaite qu'au niveau des 600 cônes de la fovea. Dans l'entourage immédiat de ce point (dans la macula lutea), elle est déjà fort diminuée ; elle va d'ici en se réduisant de plus en plus jusqu'à l'extrême périphérie rétinienne. Pour un écart (dans le champ visuel) de 10° seulement, par rapport au point fixé (dont l'image tombe sur la fovea), elle n'est plus que de 7 centièmes de la normale ; à 35° d'écart, c'est à peine si on compte les doigts à un mètre. Au delà de cette limite, à l'extrême périphérie du champ visuel (40-45°), on n'aperçoit un objet que s'il se meut. Pour distinguer les détails d'un objet, pour reconnaître une figure humaine, on doit la fixer. Par contre, les rapides modifications de l'éclairage et les mouvements des objets se remarquent dans la périphérie du champ visuel aussi bien que contre le point de fixation. — La vision à l'aide de la fovea sert à distinguer les détails visuels des objets ; celle avec le restant

de la rétine sert à la grosse orientation (de la marche, de la course) parmi les objets environnants, etc.

Essayons d'exprimer cela en langage physiologique. — Nous disons que les photo-réactions de la périphérie rétinienne ne diffèrent que grossièrement entre elles ; la régulation de nos mouvements qui en résulte est peu détaillée, et on lui reconnaît le plus souvent les caractères des moto-réactions. Les photo-réactions se spécifient d'autant plus qu'on se rapproche davantage de la fovea, dans laquelle elles sont très détaillées et acquièrent au plus haut degré les caractères des icono-réactions, c'est-à-dire que les mouvements somatiques sont réglés par les fins détails visuels des objets.

Remarquons aussi que bien peu de nos mouvements sont excités par des photo-réceptions ; et dans ce cas, ce sont ou bien des espèces d'héliotropies positives, ou bien des réactions plurivoques (voir pp. 74 et suiv.) à des variations de l'éclairage. La plupart du temps, nos photo-réceptions se bornent à « régler » visuellement un mouvement excité par des motifs autres que des photo-réceptions, et que nous n'avons pas à examiner ici. C'est ainsi que lorsque je me rends le matin dans ma clinique, mes mouvements sont guidés, réglés par mes photo-réceptions ; le mouvement n'est pas excité par les photo-réceptions. Mais c'est là une régulation grossière, à laquelle la périphérie rétinienne suffit ; et de fait, elle résulte surtout des photo-réceptions non fovéales. Il y aurait même des inconvénients (voir pp. 98-99) à régler ma démarche par le mécanisme plus subtile des photo-réactions fovéales, très fines et trop spécifiées à cet effet. En

grande partie, cette grosse régulation visuelle de mes mouvements est composée de moto-réactions, rappelant celles qui guident le colimaçon rampant (p. 74), l'abeille volant (p. 91), le chien courant (p. 95). — Par contre pendant que j'écris ou dessine, j'exécute un mouvement somatique partiel, d'origine non visuelle (au moins ne dépendant pas de photo-réceptions actuelles), mais qui est réglé finement par les photo-réceptions fovéales. Celles-ci sont à même de provoquer des réactions bien autrement spécifiées que celles suscitées par les photo-réceptions non fovéales. Il s'agit là d'une icono-réaction (p. 82) finement détaillée, dans laquelle, si on voulait y insister, on reconnaîtrait encore les éléments de moto-réactions, la régulation visuelle étant provoquée, suscitée précisément par les mouvements de la plume écrivante.

Nous nous figurons que sur la périphérie rétinienne, un certain nombre de cônes et de bâtonnets font partie du même œil élémentaire, ont la même motricité somatique. Vers la fovea, le nombre des cônes et des bâtonnets afférents à un œil élémentaire se restreint. Et dans la fovea elle-même, chaque cône [1] aurait une motricité à part, appartiendrait à un œil élémentaire à part.

De même aussi l'excitation tactile (adéquate, non excessive) de la peau provoque des réactions diverses, selon l'endroit excité. Mais sur la main, et surtout à

1. Peut-être même des fractions de cône fovéal auraient des motricités à part (voir J.-P. Nuel, *Arch. de Biol.*, 1884, et l'article « acuité visuelle » dans le *Diction. de Physiol.* de Ch. Richet, 1895.

la face palmaire des phalangettes, il suffit, pour provoquer deux tango-réactions différentes, d'un écart entre les deux points excités moindre que sur le bras, et surtout moindre que sur le dos. Les différents endroits de la peau ont une tango-motricité à part, et cette motricité est plus spécifiée à la face palmaire des phalangettes.

La comparaison avec les tango-motricités de la peau aurait suffi à la rigueur pour faire comprendre ce qu'il faut entendre par « photo-motricités élémentaires, mais plurivalentes, de la rétine », et peut-être aurions-nous pu nous borner à relever l'analogie entre les deux — ce qui aurait eu l'avantage de raccourcir l'exposé de cette question fondamentale.

Si nous avons insisté longuement sur le caractère héliotropique de certaines photo-réactions somatiques, c'est pour le motif suivant. — Les tango-réactions sont le plus souvent des réflexes de défense, de retrait du corps. Il est vrai que certaines formes élémentaires du photo-réflexe (somatique) ont, eux aussi, ce caractère de défense (p. 145). Mais il nous semble que la plupart du temps les photo-réactions élémentaires sont des réflexes d'attaque, rappelant les héliotropies positives à certains égards, et en différant sous d'autres. Nous inclinons même à voir chez l'homme, dans le photo-réflexe d'attaque la véritable photo-réaction élémentaire, primitive, et dans le photo-réflexe de défense un fait physiologique plus compliqué, secondaire.

X. **Photo-réceptions multiples et simultanées. Point ou objet visuel.** — Plus haut, nous avons envisagé des photo-réceptions d'un seul organe visuel élémentaire, ayant une seule motricité univoque. Mais en cas

d'icono-réaction, et en général lorsque le champ visuel est éclairé tout ou en grande partie, il y a en cause des photo-réceptions multiples, de plusieurs organes visuels élémentaires, et il est de toute impossibilité que plusieurs valences motrices visuelles fassent sentir simultanément leurs effets sur le corps. Si l'une de ces motricités existait seule (dans les conditions héliotropiques, voir p. 143) elle sortirait certainement ses effets. Lorsque plusieurs photo-réceptions coexistent, très souvent aucune ne produit un effet musculaire; ces motricités sont supprimées. Mais elles ne sont supprimées que dans leur phase ultime, musculaire. De nombreux faits démontrent qu'elles existent parfaitement dans leur partie nerveuse, cérébrale; seulement des influences frénatrices cérébrales les empêchent d'évoluer jusque dans leur terme ultime, musculaire. En partie au moins les valences motrices coexistantes se contrarient réciproquement; elles sont frénatrices l'une pour l'autre.

Dans beaucoup de circonstances, un point lumineux dans le champ visuel largement éclairé peut rendre manifeste la motricité de l'œil élémentaire qu'il excite; et cette motricité peut alors être étudiée à peu près comme si elle était sollicitée seule. Souvent, dans ce qui suit, nous supposons ainsi une photo-réception efficace, quoique coexistante avec beaucoup d'autres. Un point lumineux dans le champ visuel non obscur devient efficace, il est rendu « visuel », par deux procédés principaux: *a)* par la variation de son éclairage, et *b)* si nous y portons l'attention. — Plus loin, nous ramènerons l'attention sur le terrain physiologique. — Pour ce qui est des variations de

l'éclairage, leur influence est bien connue, déjà chez les animaux inférieurs (p. 43). Ici rentre le cas d'un objet lumineux apparaissant brusquement dans le champ visuel, et devenant ainsi « visuel », provoquant des réactions.

Les moto-réceptions visuelles, si efficaces pour provoquer des mouvements, se rattachent par leur essence aux réactions suscitées par les variations de l'éclairage (voir p. 80).

Dans beaucoup de circonstances, l'icono-réaction consiste simplement en un tel « amorçage » de motricités visuelles multiples, qui entrent ainsi successivement en jeu pour régler un mouvement somatique excité par n'importe quelle cause. Et ce mouvement provoque ainsi sa propre régulation visuelle, par une espèce de moto-réception visuelle. Je regarde cette page à moitié écrite ; beaucoup de motricités visuelles coexistent, dans leurs phases nerveuses ; mais elles s'équilibrent dans le cerveau. La plume écrivante qui apparaît sur le papier apporte les moto-réceptions nécessaires pour rendre efficaces certaines de ces motricités, et ainsi s'effectue la régulation visuelle du mouvement de l'écriture. Cette régulation est une icono-réaction, elle dépend de fins détails visuels de mon champ visuel.

Lorsque nous disons à une personne de montrer du doigt la direction d'un point lumineux, elle exécute un mouvement excité par autre chose qu'une photo-réception actuelle, et que la motricité visuelle ne fait que régler. C'est un mouvement dit volontaire, réglé par des photo-réceptions. — Retenons qu'en cas d'icono-réactions, il s'agit aussi le plus souvent de mouvements préparés ou incités autrement (volontairement souvent), et que les photo-réceptions ne font que régler.

XI. La projection radiaire psychique mise en rapport avec les processus physiologiques. — 1° *La projection en général*, le fait que nous extériorisons nos sensations visuelles, est l'épiphénomène psychique du processus de photo-réaction somatique. En un point déterminé de son parcours, ce processus devient conscient sous forme d'extériorisation visuelle d'une espèce déterminée.

2° Le fait de la *projection* radiaire, *suivant de multiples directions* est dû à ce que nous avons une autre conscience projective de chaque organe visuel élémentaire. — Un homme ne disposant que d'un seul organe visuel élémentaire, et dépourvu tout fait de mémoire visuelle, n'aurait qu'une seule direction visuelle (mais bien de multiples directions tactiles, auditives) [1].

Il y a autant de directions visuelles qu'il y a d'organes visuels élémentaires, à motricités somatiques spéciales.

3° L'*iconopsie* (icono-perception, icono-projection), la perception des fins détails visuels, est le fait psychique corrélatif à de multiples photo-réactions coexistantes, toutes finement graduées, mais qui n'aboutissent pas à leur terme ultime, musculaire. C'est l'épiphénomène psychique de plusieurs motricités visuelles éveillées simultanément, mais qui interfèrent avant d'aboutir aux muscles.

L'acuité visuelle est la faculté d'avoir des icono-perceptions finement graduées, d'une précision très grande. Son déterminisme physiologique est donc

1. En supposant à la chenille héliotropique (voir p. 33) des états de conscience, elle n'aurait qu'une seule direction visuelle ; elle vivrait « visuellement » dans une étendue linéaire !

celui des icono-perceptions, c'est-à-dire il consiste dans l'existence d'un certain nombre d'organes visuels élémentaires, ayant chacun une motricité somatique à part.

Somme toute, *la projection radiaire ou angulaire psychique est une certaine conscience que nous avons des processus photo-réacteurs somatiques*. Resterait à déterminer la phase de la photo-réaction qui devient ainsi consciente. C'est une question à peine entamée. Selon toutes les apparences, cette phase consciente doit être recherchée dans l'écorce cérébrale[1]. — Il ressort à nouveau de ce qui précède que ces états psychiques, la projection radiaire, ne sont pas les mobiles physiologiques des photo-réactions musculaires. — Dans certaines circonstances, dit-on, nous marchons parce que nous voyons. Il serait plus exact de dire que *nous voyons parce que nous marchons* sous l'influence de photo-réceptions, parce que nous exécutons des photo-réactions. Pour la signification de ce « parce que » (voir p. 33 et suiv.).

La projection radiaire est ainsi envisagée comme l'épiphénomène psychique d'un processus physiologique nerveux. La physiologie ne peut pas aller plus loin que de déterminer exactement la phase du processus auquel est lié cet épiphénomène, l'endroit du cerveau où cela a lieu et les conditions physiologiques diverses qui y président. Elle aura fort à faire pour résoudre le problème dans cette étendue ; mais une fois ce but atteint, sa tâche sera remplie. Surtout elle devra se garder d'aller sur le ter-

1. Une phase ultérieure du même processus peut devenir consciente sous forme de « volition » du mouvement somatique.

rain psychologique, de se préoccuper de l'essence de la sensation, des rapports dits métaphysiques entre elle et les autres catégories visuelles psychiques, telles que la représentation, la volition, etc. Nous, physiologistes, nous nous bornons à accepter comme non susceptible d'investigation ultérieure les données du sens intime. Et du moment que les états psychiques différents sont rattachés (par les liens de la causalité psychique, (voir p. 18 et suiv.) à des processus physiologiques différents, nous nous déclarons satisfaits.

Les mouvements oculaires sont donc éliminés de la projection radiaire dans ce qu'elle a de fondamental. Cependant cette projection reste liée à des innervations motrices, mais à des innervations qui provoquent des mouvements somatiques.

Ajoutons ici que, d'après nous, la projection tactile, moyennant les doigts, par exemple, est de même l'épiphénomène psychique des tango-réflexes, provoqués par des irritations tactiles de la peau. Elle est d'autant plus précise que ces réflexes sont plus spécifiées, c'est-à-dire qu'ils diffèrent pour un plus petit écart entre les points de la peau excités (p. 148 et 149). — De même aussi les représentations statiques, de haut et de bas notamment, sont les épiphénomènes psychiques des stato-réflexes, provoqués par les excitations du labyrinthe. Pas n'est besoin de sensations musculaires ni de sensations de l'équilibre, toutes les deux purement subjectives, pour expliquer ces deux ordres de phénomènes psychiques objectivants. Ceux-ci sont liés directement à certaines innervations. De même aussi pour la représentation visuelle, pas n'est besoin d'invoquer, avec une certaine école psychologique, les sensations visuelles. Si tout ne nous trompe, la projection visuelle (psychique) a même été, phylogénétiquement parlant, antérieure aux sensations visuelles. Nous imaginons donc une « vision » objective sans sensations visuelles.

Entre notre manière d'envisager la projection radiaire et celle de la plupart des auteurs à tendance physiologique, celle de Hering notamment, il y a la différence fondamentale que Hering ne distingue pas suffisamment entre la causalité psychique et la causalité physiologique. Au moins il *semble* résulter de ses écrits que cet auteur voit dans la sensation visuelle le « but physiologique » des photo-réceptions, alors que ce but est constitué par les photo-réactions somatiques. Hering part des sensations visuelles, auxquelles il attribue d'essence un élément objectif, corporel. Le point de départ est fautif d'après nous.

XII. **La projection radiaire et les mouvements oculaires.** — Pour comprendre la signification et la genèse phylogénique des mouvements oculaires, il convient de recourir de nouveau aux cas les plus simples.

Un homme *n'ayant qu'un seul bâtonnet dans un œil immobile* ne dispose donc que d'une seule photo-réaction (héliotropique?). De par la photo-réception élémentaire supposée, il ne se déplacerait que dans une seule direction, celle que doit suivre la lumière pour arriver à cet œil. Provenant d'une autre direction, la lumière ne provoquerait aucune réaction, ni même de photo-réceptions (voir p. 142 et 144). — Mais d'autres réceptions (tactiles, acoustiques, etc.) pourraient engager cet homme à se mouvoir, et en vertu de ces réactions non visuelles, la photo-réaction pourrait acquérir une certaine « plurivalence », des directions visuelles multiples, mais successives, non simultanées, plurivalence qui disparaît toutefois si on soumet le phénomène à l'analyse physiologique pure. Physiologiquement parlant, en ne tenant compte que de l'être réacteur et de la cause excitante, la réaction

est univoque. Géométriquement, c'est-à-dire psychologiquement parlant, si nous la décrivons dans ses répétitions, et encore par rapport aux objets environnants qui n'ont aucun rapport de causalité avec elle, elle devient plurivoque.

b) Supposons maintenant *un être muni d'un œil caméraire* (analogue à celui de l'homme) *immobile dans la tête,* mais dont les *icono-réactions seraient également développées* partout (en langage psychologique, dont l'acuité visuelle serait la même dans toute la rétine). Peu importe que les icono-réactions soient plus ou moins développées. Supposons-les cependant rudimentaires.

De par les photo-réceptions actuelles (sans intervention de faits de mémoire visuelle), il n'y aurait pas de raison physiologique qui ferait tourner l'animal sur place, pour faire arriver la photo-réception sur tel œil élémentaire plutôt que sur tel autre, de façon à « orienter » la rétine de telle ou de telle façon. Mais bien entendu, chaque œil élémentaire éclairé provoquerait le mouvement somatique qui lui est propre, qui résulte de sa motricité à lui. De par les photo-réceptions donc, un tel homme ne tourne pas sur place, et s'il le fait, c'est certainement à la suite d'autres réceptions (actuelles, ou antérieures, si on tient compte des faits de mémoire). Et s'il tourne réellement, les réactions de tous les yeux élémentaires, tout en restant les mêmes, physiologiquement parlant, sont toutes modifiées géométriquement, ainsi que nous venons de le voir pour un œil élémentaire pris isolément.

c) Mouvements fixateurs du corps. — Que dans cet œil immobile (dans la tête) apparaisse la nou-

velle rétine, à icono-réactions plus développées, une fovea enfin ou une macula. De par l'évolution phylogénique, et les icono-réactions ayant une grande utilité pour l'individu, il est certain que les mécanismes nerveux visuels se modifieront de façon que maintenant, comme premier effet d'une photo-réception non maculaire, il survienne un mouvement somatique qui tourne la rétine iconoptique vers l'objet. Puis seulement se produira la photo-réaction somatique, mais comme réaction provoquée par la macula. — Grâce à ce mouvement somatique initial, et géométriquement parlant, toutes les photo-réactions sont en apparence modifiées. Mais ici elles se sont modifiées de par les photo-réceptions. Seule la photo-réception au centre de la macula produira toujours, et d'emblée, la réaction somatique Le premier effet d'une photo-réception sur la périphérie rétinienne sera de faire tourner l'être sur place, de façon à assurer l'icono-réception ; puis celle-ci provoquera le mouvement (héliotropique). — Mais les yeux élémentaires périphériques ne sont pas pour cela dépouillés de leurs valences motrices spéciales, ni de leurs motricités héliotropiques, qui persistent ; mais nous l'avons dit, ces motricités ne peuvent sortir tout à fait leurs effets. — Les bâtonnets de la périphérie rétinienne ont donc acquis une motricité somatique nouvelle, rotatrice, orientatrice pour la rétine, et provoquée uniquement par l'apparition de la rétine nouvelle, et qui repose surtout sur des mécanismes nerveux créés phylogéniquement par cette rétine nouvelle, iconique.

d) Mouvements fixateurs de la tête. — Insistons-y un peu, car ils vont nous donner la clef pour la com-

préhension des mouvements fixateurs des yeux. — Supposons un œil iconant fixé sur une tête très mobile — un cas réalisé approximativement chez l'oiseau.

Si cet être est dans les conditions héliotropiques (p. 143) la tête tournera d'abord de manière à amener la photo-réception sur la macula (fixation), puis le corps suivra, et le déplacement héliotropique s'exécutera, en qualité de photo-réaction fovéale. — Si nous prenons l'oiseau au moment où la tête seule est tournée, le mouvement somatique ultérieur, la photo-réaction fovéale est constituée de deux composantes : *a)* de la rotation orientatrice du corps qui suit celle de la tête, et *b)* du déplacement héliotropique véritable. On dirait que le photo-réflexe fixateur sur la tête a modifié la valence motrice somatique de la photo-réception maculaire, puisque maintenant la direction (géométrique) du mouvement héliotropique est autre que tout à l'heure. Encore une fois, cela n'existe que géométriquement, c'est-à-dire psychiquement parlant ; le « mouvement d'attaque » est toujours *vers* la source lumineuse. — De même aussi le premier effet héliotropique exercé sur un tas de chenilles varie en apparence de l'une à l'autre, selon l'orientation et le maintien momentané de chacune d'elles ; le résultat physiologique est le même pour toutes : une locomotion vers la source lumineuse. — De même encore le muscle gastro-cnémien de la grenouille, isolé avec son nerf, produit une réaction toujours univoque, — un raccourcissement, — chaque fois qu'on excite le nerf. Mais le fait de ce raccourcissement peut devenir plurivoque si on l'exprime en langage géométrique : il se raccourcit de droite à gauche, de haut en bas,

de gauche à droite, selon l'orientation qu'on lui donne préalablement.

Les motricités somatiques fovéales ne sont donc pas seules à être ainsi modifiées par l'innervation du mouvement de la tête ; il en est de même de toutes les motricités rétiniennes élémentaires.

Dans la vision habituelle, iconoptique (non héliotropique), ces modifications géométriques des photoréactions sont très fréquentes. Et alors il arrive même souvent que le photo-réflexe fixateur sur la tête ne soit pas suivi du mouvement du corps, et cela par toutes sortes d'influences frénatrices cérébrales. Le photo-réflexe somatique est préparé nerveusement, mais n'aboutit pas à son terme ultime, musculaire. A ce moment, le système nerveux visuel n'est pas le même qu'avant l'exécution du photo-réflexe céphalique. Suivant une certaine manière de s'exprimer, l'innervation du mouvement de la tête a aiguillé dans des voies un peu différentes un photo-réflexe héliotropique, qui peut n'exister que dans sa phase nerveuse. Ce sont là questions du mécanisme nerveux cérébral. — Bien entendu, ce qui modifie le photoréflexe somatique, ce n'est pas la rotation de la tête en elle-même, ni le raccourcissement des muscles rotateurs [1], mais la partie nerveuse du photo-réflexe céphalique. — La modification y est, même dans les cas où, par suite d'une paralysie périphérique, le mouvement de la tête serait impossible. — La modification (géométrique) du photo-réflexe somatique se

1. La théorie psychologique invoque ici notamment les sensations inconscientes du sens musculaire.

produit aussi chaque fois que l'innervation centrale du mouvement céphalique est incitée par une autre réception (acoustique, tactile). Elle ne se produit pas si la tête est déplacée mécaniquement, à moins qu'une innervation centrale ne soit venue après coup régulariser, légitimer le déplacement, témoin les images négatives, développées en champ obscur, et qui restent immobiles malgré des mouvements imprimés passivement à la tête, ou même à tout le corps (ou encore seulement à l'œil).

En employant un langage partiellement psychologuant, nous disons qu'un « ennemi » paraissant devant un oiseau provoque un mouvement de recul. S'il a la tête tournée en arrière, la même photo-réception provoque un mouvement en avant. Dans les deux cas, les réactions somatiques diffèrent (géométriquement parlant), bien que les photo-réceptions soient les mêmes. Et c'est l'innervation du mouvement de la tête qui a amené ce changement. — L'exemple choisi démontre aussi qu'à un certain point de vue, le photo-réflexe sur la tête équivaut à un mouvement fixateur de tout le corps.

En résumé, les motricités des différents yeux élémentaires sont modifiées en apparence par le photo-réflexe fixateur ; elles le sont si on les exprime dans le langage de la géométrie cosmique. En supposant à l'oiseau des facultés psychiques humaines, les projections diverses seraient réellement modifiées par ce réflexe, puisque la pensée humaine objectivante ne peut se faire que suivant les lois de la géométrie.

e) Mouvements fixateurs de l'œil. — Nous voici arrivés aux mouvements fixateurs de l'œil, auxquels

nous passons sans saut brusque. Lorsque l'œil est mobile dans l'orbite, le mouvement fixateur de la tête est remplacé plus ou moins par des mouvements de l'œil dans l'orbite, mouvements très prononcés chez l'homme et le singe. Nous n'avons qu'à transporter ici les développements donnés à propos des mouvements de la tête. Le plus souvent, ces mouvements sont des photo-réflexes, plus rarement des sono-ou des tango-réflexes[1]. Le « but physiologique », la signification biologique de ce photo-réflexe sur l'œil est de ramener une photo-réception quelconque sur le centre de la rétine iconique. Ce réflexe fixateur modifie, géométriquement, ou psychiquement parlant, toutes les valences motrices somatiques de toutes les photo-réceptions. La projection psychique est donc modifiée fatalement dans le même sens.

Encore une fois, c'est l'innervation centrale de ce mouvement, et non le déplacement de l'œil, qui est l'agent modificateur du photo-réflexe somatique.

Reprenons notre homme héliotropique de plus haut, muni d'un seul bâtonnet, mais dans un œil mobile. Que ce soit un bâtonnet fovéal. Avec les muscles oculaires en repos, cette photo-réaction unique, héliotropique, (réalisable comme il est dit à la page 142), porte le corps en avant. Supposons maintenant l'œil tourné à droite, alors le mouvement héliotropique (univoque) est autre. C'est celui, au degré près, d'un bâtonnet tout à l'heure situé à gauche, dans la périphérie rétinienne. Le mouvement

1. Plus rarement encore ce sont des mouvements volontaires (voir plus loin).

oculaire a modifié la photo-réaction somatique fovéale (ainsi que la projection psychique correspondante), et il a substitué la motricité somatique de la fovea à celle d'un bâtonnet périphérique.

Soit maintenant une rétine humaine normale, intacte, dans un œil normal. Le plus souvent, toute photo-réception non fovéale commence par provoquer le réflexe fixateur, qui est un réflexe sur les muscles oculaires amenant la photo-réception sur la fovea, sur la rétine iconique; puis seulement survient le photo-réflexe somatique. Seuls certains photo-réflexes somatiques de défense continuent à être provoqués par n'importe quel œil élémentaire (p. 145). Ce réflexe fixateur sur l'œil produit en somme les mêmes effets que les mouvements fixateurs de la tête.

Les raisons (physiologiques, phylogéniques) qui ont substitué la fixation oculaire à la fixation céphalique paraissent être les suivantes. *a)* Reporté à l'œil, le mouvement fixateur ébranle une moindre masse, et il peut être plus exact. Aussi chez les mammifères au moins peut-on s'attendre à des icono-réactions maculaires ou fovéales d'autant plus spécifiées, ou encore à une acuité visuelle d'autant plus parfaite, que les yeux sont plus mobiles. *b)* La fixation bi-oculaire et son dérivé, la vision bi-oculaire de la distance, est impossible à obtenir moyennant les seuls mouvements de la tête; elle suppose des mouvements oculaires très développés. — Plus loin, à propos de la loi de Listing, nous verrons une raison physiologique qui s'oppose à ce que les mouvements fixateurs de la tête soient totalement remplacés par ceux des yeux.

Les photo-réflexes sur l'œil ne sont pas un « but » physiologique des photo-réceptions, mais un « moyen »

d'assurer le but véritable des photo-réceptions, qui nous est donné dans les photo-réactions somatiques. Leur but physiologique est de substituer la valence somato-motrice fovéale à celles de la périphérie rétinienne, « parce que » celles-ci le cèdent en précision à la première. Ce « parce que » est de nature phylogénique, c'est-à-dire physiologique, et non psychique. En d'autres mots, les photo-réflexes oculaires ont pour effet de faire dépendre les fins mouvements visuels somatiques presque exclusivement des valences somato-motrices de la fovea.

En un certain sens, les mouvements oculaires font partie intégrante de la photo-réception, puisque leur effet est d'en modifier les valences somato-motrices, de faire de l'œil fovéal élémentaire autant d'yeux (élémentaires), autant de valences motrices somatiques qu'il y a de mouvements oculaires, c'est-à-dire une infinité.

Par le moyen des photo-réactions sur l'œil, les photo-réactions sur le corps se règlent automatiquement, en voie d'exécution, et avant qu'elles n'aient abouti à leur terme ultime, musculaire, un peu comme les machines industrielles munies de mécanismes auto-régulateurs règlent elles-mêmes l'intensité de leurs effets. — Pour rendre possible cette auto-régulation des photo-réactions somatiques, il fallait la création de mécanismes nerveux qui ont apparu (phylogéniquement) avec la fine régulation des photo-réflexes somatiques. Ces mécanismes (dits de fixation, de convergence), sont congénitaux, chez l'homme aussi bien que chez les animaux ; ils fonctionnent en qualité de mécanismes réflexes dès que le développement ontogénique est achevé.

Pour que cette motricité fixatrice oculaire des photo-réceptions non fovéales sorte réellement ses effets, il faut que deux conditions soient réalisées : *a)* il faut qu'il y ait une photo-réception « visuelle », efficace ; *b)* il faut que tous les organes visuels élémentaires, et surtout les fovéaux, soient intacts. Sinon, on remarque que toute photo-réception tend à produire d'emblée son photo-réflexe somatique, et la fixation fovéale, même celle qu'on dit volontaire, est impossible à réaliser. La première condition n'est pas réalisée en cas de troubles intenses dans les milieux transparents des deux yeux. Alors aucune photo-réception ne tranche suffisamment sur les autres. De là « le regard vague », immobile, p. ex. en cas de cataracte bilatérale complète. La seconde condition n'est pas réalisée lorsqu'une petite partie rétinienne périphérique fonctionne seule, ou lorsqu'il y a un très large scotome central. Dans ces conditions aussi, le regard est vague, « ne cherche pas ». — La théorie psychologique de la vision explique ce dernier cas par une opération psychique compliquée : « le sujet malade, reconnaissant l'inutilité de son effort fixateur, y renonce », etc. — Un examen attentif des faits montre qu'il n'en est pas ainsi. Une preuve péremptoire est que, dans ces conditions, le sujet ne peut plus fixer, même s'il le veut. Et dans ces conditions, on voit survenir souvent les mouvements oculaires oscillatoires du nystagmus. — Il faut se figurer que, lors du mouvement fixateur, les photo-réceptions intermédiaires contribuent à assurer le mouvement, en règlent l'exécution, tout comme un mouvement du bras en voie d'exécution est « réglé » par les innervations profondes du membre.

Des causes autres que des photo-réceptions actuelles peuvent provoquer des mouvements oculaires. C'est

ainsi que des sono-réceptions peuvent provoquer des mouvements visuels « chercheurs », de la tête et des yeux, et ces mouvements ont tous les caractères de réflexes. Des mouvements oculaires peuvent aussi être provoqués par des endocinèses très compliquées. De ce nombre sont les mouvements oculaires volontaires (voir plus loin). Un homme qui « regarde » en entendant son nom, le fait en vertu d'une endocinèse, suscitée par une sono-réception.

XIII. **La projection radiaire psychique et les mouvements oculaires fixateurs.** — La projection psychique radiaire, avons-nous dit, est fonction (psychique) des photo-réflexes somatiques, des valences motrices somatiques propres aux différents yeux élémentaires. Elle est constituée par la conscience que nous avons des photo-réactions somatiques, celles-ci étant exprimées dans le langage de la géométrie, c'est-à-dire dans leurs rapports avec les objets environnants. Or, à ce dernier point de vue, les photo-réflexes oculaires modifient les valences motrices des yeux élémentaires; mais en même temps la localisation psychique est modifiée elle aussi. De par ces innervations motrices oculaires, une photo-réception fovéale (ou autre) est maintenant suivie d'une autre localisation. — L'erreur à peu près générale consiste à rattacher la localisation psychique directement aux mouvements oculaires, alors qu'elle est l'épiphénomène psychique de la photo-réaction somatique. En général, nous n'avons conscience que de nos réactions en tant qu'elles ont un rapport direct avec le monde extérieur; nous n'avons pas conscience des réactions de nos organes viscéraux,

et l'œil en est un. Les photo-réflexes somatiques deviennent conscients (sous forme de projection) dans une phase qui suit celle qui a ressenti l'influence du réflexe fixateur. Ce réflexe est inconscient. Ce n'est qu'indirectement que les mouvements oculaires influent sur la projection psychique, par le moyen des photo-réactions somatiques.

Le motif des mouvements oculaires dans la théorie psychique de la vision. — Comment la théorie psychique de la vision explique-t-elle « pourquoi » on meut l'œil ? — Pour un certain nombre de cas, elle a tôt fait en invoquant la « volonté » comme mobile primaire de ces mouvements. — Cependant, cette volonté elle-même doit être déterminée par quelque chose ; mais il est très difficile de savoir en quoi consiste ce quelque chose. Le plus souvent, les auteurs y voient le résultat d'une délibération, d'un jugement visuel de la teneur suivante. A son apparition dans la périphérie du champ visuel, l'objet est vu flou, peu distinct. D'autre part nous avons le « désir » de le voir nettement. Ce désir, un peu transformé, devient la « volonté » de voir nettement. Et par l'expérience acquise, nous savons que pour obtenir cet effet, pour atteindre ce « but », le meilleur « moyen » est encore le mouvement de fixation. Et ce mouvement, nous pouvons l'exécuter ou ne pas l'exécuter ; il est donc « volontaire ». Cette volonté, déduite de certaines sensations, par une série d'opérations exposées en psychologie, est donc le mobile véritable du mouvement fixateur. — Mais comme dans une foule de circonstances, il est par trop évident que les mouvements oculaires ne sont pas précédés de tout cet attirail psychologique, et qu'ils ont au suprême degré les caractères des mouvements réflexes, inconscients, on se rabat sur une « tendance » à voir nettement. Cette tendance est encore psychique de son

essence; c'est comme une volonté inconsciente (!). Elle est évidemment une conception du même ordre que la leucophobie ou la leucophilie des animaux inférieurs. D'après nous, il faut la ramener sur le terrain exclusivement physiologique, à la motricité oculaire (réflexe) des photo-réceptions dans la périphérie rétinienne.

Nous avons déjà signalé dans ces divers jugements visuels un cercle vicieux des plus constants, consistant ici en ce que d'une part la localisation nouvelle résulterait du mouvement oculaire (ou de son innervation), mais que d'autre part, pour exécuter ces mouvements oculaires, nous devrions déjà avoir une certaine notion de la nouvelle localisation. — Nous rencontrerons le même cercle vicieux dans les raisonnements psychologiques sur la vision de la distance. WUNDT, bien que partisan de la théorie psychique, l'a senti : il voit dans les mouvements oculaires des réflexes, sur lesquels la volonté exercerait une certaine influence.

XIV. **Localisation des photo-réceptions dans quelques circonstances particulières.** — Les images accidentelles (faits psychiques) résultent de la persistance des photo-réceptions, alors que l'objet lumineux a disparu. D'après ce qui précède, on comprend que ces images se déplacent avec le regard. Mais on comprend aussi qu'elles restent immobiles lorsqu'on imprime au globe oculaire un mouvement passif, à l'aide du doigt par exemple [1]. — En cas de paralysie d'un muscle oculaire extrinsèque, si l'objet visuel se trouve dans le terrain d'action du

1. Un fait au fond identique est le cas d'une personne renfermée dans un espace clos, et qui continue à se croire en repos, bien que le réservoir tourne horizontalement, pourvu que le mouvement n'ait pas provoqué d'autres réceptions (ni les réactions correspondantes).

muscle paralysé, le photo-réflexe fixateur ne se produit pas dans son terme ultime, musculaire, mais bien dans sa partie nerveuse ; il modifie le photo-réflexe somatique : le doigt, poussé sur l'objet, passe à côté (au delà) de lui. La projection psychique est naturellement modifiée dans le même sens : on voit l'objet déplacé dans le sens de l'action du muscle paralysé.

XV. **Nature du point de fixation.** — Notons d'abord que ce point est d'une précision absolue, et qu'à l'aide des images négatives, Javal[1] a pu se convaincre que c'est toujours le même point que nous fixons, ou plutôt que c'est toujours le même œil élémentaire, le même cône fovéal qui sert à la fixation. — Javal se demande si le point de fixation est le « point de vision maxima ». — On admet que l'acuité visuelle est la même dans une petite zone centrale de la fovea. Du chef de l'acuité visuelle (de la précision dans la photo-réaction somatique), rien ne désigne donc tel point de la fovea plus particulièrement que tel autre.

Nous ne saurions approuver Javal lorsqu'il dit que l'utilité du point de fixation ne paraît évidente que lorsqu'il s'agit de fixation binoculaire. Elle est tout aussi évidente dans la vision monoculaire, et le borgne de naissance a un point de fixation.

XVI. **Vision droite avec des images rétiniennes renversées. Notions de haut et de bas.** — Le problème (psychologique) de la vision droite d'objets dont les images rétiniennes sont renversées, met en évidence la collusion des notions psychologiques, ou des données du sens intime avec la logique des faits physio-

1. Javal. *Manuel du strabisme.* Paris, 1896, p. 28.

logiques. L'explication qu'en donne la théorie psychologante (p. 125 et 126) en fait une question d'expérience individuelle, basée sur la sensation inconsciente du « signe local ». Elle compare le sens intime à un agent surveillant le tableau des sonnettes d'un hôtel. Chaque numéro de ce tableau représente un signe local, que l'agent a appris à interpréter dans l'espace ; et cependant, le numéro n'a aucune analogie corporelle avec la chambre, et l'arrangement géométrique des numéros ne correspond pas à celui des chambres.

Pour montrer la fragilité de cette explication, on n'a qu'à rappeler comment on voit avec la tête inclinée latéralement, ou même tout à fait en bas : les objets ne sont pas vus inclinés ou renversés. On invoque alors de nouvelles expériences individuelles : par suite de nombreux essais de ce genre, nous aurions appris à éviter les « faux jugements visuels », à l'aide des renseignements sensoriels fournis par d'autres organes des sens (tactiles, du sens de l'équilibre, etc.)[1]. Nous objectons que lors du premier essai tenté pour voir avec la tête en bas, on ne dispose pas d'une véri-

1. On avait cru, dans le temps, esquiver la difficulté théorique résultant pour la théorie empirique, du fait de la vision droite avec la tête inclinée, en supposant (HUECK. *Die Achsendrehung des Augés*. Dorpat, 1838.) que lors de ces manœuvres, l'œil exécute une rotation (autour de la ligne visuelle) qui maintiendrait à la rétine son orientation primitive dans l'espace. Des expériences exactes (JAVAL, DONDERS et MULDER. *Arch. f. Ophthalm.*, 1875, XXI, 1, p. 68) démontrèrent que dans ces conditions l'œil exécute réellement une petite rotation en sens opposé du mouvement de la tête, mais que cette rotation est insuffisante pour compenser tout le mouvement de la tête.

table expérience pouvant redresser notre jugement visuel, et néanmoins on ne voit pas les objets renversés.

Il est certain que la notion de haut et de bas est l'épiphénonène psychique de la station verticale, ou plutôt des innervations qui maintiennent la station verticale. Le problème physiologique consiste donc à rechercher le déterminisme physiologique de cette réaction somatique. Or, il est certain que la station verticale n'est que très accessoirement une photo-réaction (somatique), témoin l'aveugle de naissance qui se tient debout et a parfaitement la notion du haut et du bas. — Les stato-réactions surtout entrent ici en ligne de compte. En langage psychologique, on dit que les sensations (inconscientes) du sens de l'équilibre produisent la notion du haut et du bas. — Néanmoins, les photo-réceptions y sont pour quelque chose aussi : un homme dont l'oreille interne est détruite (des deux côtés) se maintient encore en équilibre, mais il le fait plus difficilement s'il ferme les yeux. — Un ataxique (privé des réceptions dites musculaires) ne se maintient guère en équilibre s'il ferme les yeux. — Les réceptions musculaires et les photo-réceptions contribuent donc, conjointement avec les stato-réceptions, à maintenir le corps droit, et par conséquent contribuent à provoquer le réflexe somatique dont l'épiphénomène psychique est la notion de haut et de bas.

Rien dans les photo-réflexes somatiques, ni dans les photo-réflexes oculaires, n'a un rapport absolu avec la notion de haut et de bas. Avec la tête renversée, les photo-réflexes sont identiquement les mêmes que dans la position droite : une photo-réception sur la périphérie rétinienne provoque le même mouve-

ment de préhension à l'aide de la main, et le même mouvement oculaire que dans la station droite — bien entendu si on n'envisage le corps réagissant qu'en lui-même. — Mais s'il est douteux que le réflexe de redressement soit excité par les photo-réceptions, il est évident cependant qu'en voie d'exécution, il peut être réglé par les photo-réceptions.

Constatons que lorsqu'il s'agit d'extériorisation, notre sens intime ne constate que l'effet total et ultime de tous les processus physiologiques, et qu'il fait cette constatation dans le langage de la géométrie cosmique, de la science de l'espace [1]. — Les notions de haut et de bas visuel n'acquièrent du reste pas de signification physiologique en étant exprimées en langage géométrique, moyennant les conceptions de « vertical » et de « horizontal », etc., pas plus que la projection radiaire n'est expliquée physiologiquement moyennant les éléments de la sphère [2].

XVII. **Manière plus exacte dont se meut le globe oculaire. Loi de LISTING.** — Les mouvements de l'œil

1. Nous nous rapprochons ainsi de l'opinion philosophique qui voit dans l'espace une création du moi.

2. Un essai grossier d'explication « géométrique » consiste à mettre la vision droite sur le compte de la disposition des cônes rétiniens, dirigés vers le centre de la sphère oculaire, de sorte que prolongés vers l'extérieur, ils redresseraient les photo-réceptions, etc. Pour la physiologie, ce sont là des mots, et rien de plus. — D'autre part, recourir à l'image cérébrale « corticale » des objets, qui paraît se former réellement dans la rétine corticale, cela n'avance en rien l'explication psychologique, puisque pas plus que de l'image rétinienne, nous n'avons une conscience directe de l'arrangement géométrique de cette image corticale.

dans l'orbite ne sont pas des locomotions, mais des mouvements autour de son centre, qui reste immobile dans l'orbite ; ce sont des rotations autour d'axes passant par ce « centre de rotation ». Les mouvements habituels de l'œil s'exécutent conformément à la loi de LISTING[1], dont voici la teneur. *Si nous déplaçons le regard à partir de sa position droit devant nous, la ligne visuelle*[2] *exécute une rotation autour d'un seul axe de rotation qui est perpendiculaire et à la position initiale et à la position terminale de la ligne visuelle.* — Nous serions entraîné trop loin en décrivant les expériences (de DONDERS et d'autres) établissant que réellement l'œil se meut d'après cette loi ; mais nous devons dire un mot des causes psychologiques qu'on suppose souvent à cette loi.

HELMHOLTZ admet que de par le système nerveux central, à peu près tous les mouvements oculaires imaginables sont possibles, et que de prime abord, chez le nouveau-né, les uns ne sont pas plus nécessaires que les autres. — Cette opinion est certainement erronée. Si dans l'économie il y a des mouvements déterminés rigoureusement dans leur forme par des mécanismes nerveux congénitaux, ce sont bien les mouvements oculaires. — HELMHOLTZ est d'avis que si les mouvements oculaires suivent toujours la loi de LISTING, ce serait que l'expérience individuelle aurait démontré à chacun de nous que de cette manière ils sont les plus utiles pour l'orientation psychique, c'est-à-dire pour l'interprétation corporelle des sensations visuelles. Le « *principe de l'orientation* (psychique) *la plus facile* » présiderait chez chacun individuellement à l'établissement de cette loi.

1. LISTING, in *Lehrbuch d. Ophthalmologie* de RUETE, 1857.

2. La ligne visuelle est la ligne fictive tirée du cône fovéal fixateur à travers le centre optique de l'œil, jusqu'au point fixé.

— Hering et Aubert admettent que les mouvements oculaires s'exécutent en vertu de mécanismes nerveux congénitaux, et ces mécanismes auraient été créés en vertu du principe psychologique invoqué par Helmholtz. C'est ainsi qu'Aubert prétend que le « *principe de la perception toujours identique* » impose la loi de Listing aux mouvements oculaires. Hering dit que « la loi de Listing égalise le plus possible les perceptions corporelles de l'œil en mouvement avec celles de l'œil en repos ».

A l'exemple de Helmholtz, Aubert et Hering font donc découler d'un principe psychique la nécessité de la loi de Listing.

A notre avis, il faut chercher le « pourquoi » de la loi de Listing dans des nécessités physiologiques qui ont, l'évolution naturelle aidant, créé phylogénétiquement les mécanismes nerveux en cause.

Dans cet ordre d'idées, Fick[1] et Wundt ont soutenu que le principe qui préside aux mouvements oculaires serait celui du minimum de travail musculaire, ce minimum serait réalisé par les mouvements oculaires qui s'exécutent conformément à la loi de Listing. — En cela, ces auteurs semblent avoir oublié l'extrême plasticité des muscles, plasticité qui les accommode au travail à accomplir. D'ailleurs, comme le dit Aubert, le travail musculaire est insignifiant dans le cas présent.

Nous estimons que la loi de Listing est une conséquence de la nécessité physiologique évidente qui veût que le même objet visuel produise toujours les mêmes, ou le plus possible les mêmes photo-réactions somatiques, que par exemple la régulation visuelle du mouvement de la main qui suit une ligne droite (verticale, horizontale, oblique) soit toujours la même, que la ligne soit fixée droit devant nous ou avec le regard oblique. Et pour que

1. Fick. *Zeitschr. f. ration. Med.*, 1854, IV, p. 101.

les photo-réactions somatiques soient les mêmes dans les deux cas, il faut évidemment que les photo-réceptions soient le plus possible les mêmes. — Ce *principe des photo-réceptions (ou des photo-réactions) toujours les mêmes* pour le même objet est au fond celui invoqué par Helmholtz, mais transcrit en langage physiologique. L'utilité évidente de ce principe a, l'évolution naturelle aidant, soumis les mouvements oculaires à la loi de Listing. —

Le principe de l'orientation ou de la perception toujours la même ne saurait être la cause de l'innéité de la loi de Listing, attendu qu'un principe psychologique ne saurait être la raison (réelle, physiologique) d'une fonction ou disposition physiologique (pp. 19 et 20). — Qu'on nous permette la comparaison suivante. Un homme observe les ombres d'oiseaux qui viennent se poser dans son voisinage, mais cachés à sa vue. Chaque fois qu'il tire un coup de fusil, les ombres s'en vont. Les ombres s'en vont, non pas qu'elles soient « effrayées », mais parce que les oiseaux qui leur donnent naissance sont « effrayés » par le coup de fusil. — Dans le cas de la loi de Listing, le fait psychique est comme l'ombre du fait physiologique : pour qui ignore le fait physiologique, le fait psychique semble être la cause de la loi de Listing.

Nous disons que les photo-réceptions doivent être « le plus possible » les mêmes pour le même objet, qu'il soit fixé directement ou obliquement. En fait, les photo-réceptions ne peuvent pas être absolument identiques dans les deux cas, et cela pour des raisons géométriques. Des objets identiques ne peuvent donner des projections identiques sur une sphère que s'ils sont arrangés suivant une surface sphérique concentrique à la première. Or l'œil est une sphère sur laquelle se projettent les objets visuels ; mais ces objets ne sont pas arrangés suivant une sphère concentrique autour de l'œil; ils sont disposés plus ou moins suivant un plan situé au loin, et perpendiculaire

à la ligne visuelle dirigée droit devant nous [1]. Si la ligne visuelle est dirigée droit devant nous, un objet pas trop grand, et fixé, forme une image rétinienne semblable à l'objet. Si ensuite on fixe obliquement un objet identique au premier, ou bien si on continue à fixer le même objet en tournant la tête, il survient dans son image rétinienne une « distorsion », déjà sensible pour un mouvement oculaire modéré, mais qui est (pour des raisons géométriques) réduite à un minimum si les mouvements s'exécutent conformément à la loi de Listing. Cette distorsion est du même ordre que celle connue des photographes, et qui se produit dans l'image photographique lorsque l'axe de l'appareil n'est pas perpendiculaire à l'objet. Par exemple des lignes verticales dans l'objet sont inclinées dans l'image lorsque l'axe de l'appareil n'est pas horizontal. — Si le déplacement du regard dans l'orbite est un peu excursif, la distorsion de l'image rétinienne s'accentue, et l'identité de la photo-réaction somatique est en danger. Mais aussi dans ce cas les mouvements oculaires sont suppléés par les mouvements fixateurs de la tête, qui plus que les mouvements oculaires évitent la distorsion. Ils réalisent notamment que la photo-réception d'une ligne verticale occupe toujours les mêmes éléments rétiniens, ce qui est impossible si le mouvement de fixation est obtenu par la seule rotation de l'œil. C'est là la raison physiologique de l'association si marquée des mouvements de la tête avec ceux du corps. On comprend aussi que, phylogéniquement, les mouvements fixateurs de l'œil (plus récents) ne pourront jamais remplacer tout à fait les mouvements fixateurs de la tête (p. 162).

L'étude des mouvements oculaires démontre à l'évidence que ni les photo-réceptions, ni les photo-réactions

1. L'objet est sensé n'avoir que deux dimensions, ce qui est le cas dans la vision purement radiaire.

oculaires n'ont rien à voir directement avec les notions psychiques de vertical ou d'horizontal, d'angles droits ou non droits. Dans le regard droit devant nous, une petite croix à angles droits et fixée produit une photo-réception fovéale semblable à l'objet, c'est-à-dire ressemblant à la croix à lignes pleines de la figure 1 ; et elle est interprétée (psychiquement) avec une branche verticale, une horizontale et avec des angles droits. Si maintenant on fixe une croix identique en tournant le regard en haut et à gauche, son image rétinienne est celle des lignes pointillées (fig. 1). C'est-à-dire que la photo-réception occupe d'autres éléments récepteurs, et de plus, ses angles ne sont plus droits. Néanmoins, cette photo-réception est maintenant interprétée comme tout à l'heure celle à lignes pleines, tandis que celle des lignes pleines serait interprétée avec les deux angles *A* et *a* aigus, et les deux autres obtus. — Maintenant un point rétinien est dans le regard oblique, interprété, comparativement aux voisins, l'un plus en haut, un autre plus en bas, un autre plus à gauche et un autre plus à droite que dans la position primaire du regard. Dans cette nouvelle position du regard, une photo-réception linéaire est interprétée horizontalement (ou verticalement) par rapport à une autre, alors qu'elle ne l'est pas dans le regard droit devant nous. — La théorie psychologante de la vision dit que les mouvements oculaires modifient l'interprétation psychique des photo-réceptions. Nous prétendons qu'ils la modifient indirectement, par le moyen d'une modification qu'ils impriment

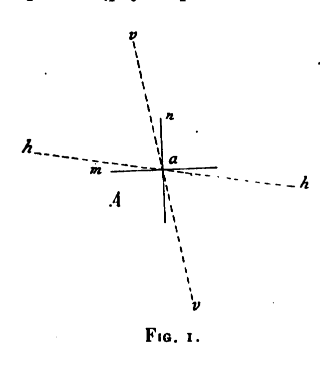


FIG. 1.

aux photo-réactions somatiques. Seulement il ne faut pas oublier que ce sont généralement des photo-réactions somatiques nerveuses seulement, qui n'aboutissent pas à leur phase musculaire.

VISION DE LA DISTANCE

Dans certaines circonstances, dit-on, en langage courant, nous portons aussi des jugements sur la *distance* de l'objet « visuel ». Et les moyens dont nous disposons à cet effet sont : *a)* l'accommodation ; *b)* la convergence ; *c)* la diplopie ; *d)* l'angle visuel sous lequel se présente un objet de dimensions connues ; *e)* les déplacements parallactiques d'objets situés à des distances différentes ; *f)* la perspective linéaire ; *g)* la perspective aérienne, et *h)* les ombres projetées. Commençons par la vision de la distance moyennant l'accommodation, puis nous passerons à celle qui se fait à l'aide de la convergence et à celle qui se fait à l'aide de la diplopie. Ces deux dernières réunies constituent la *vision bi-oculaire de la distance*.

L'ACCOMMODATION ET LA VISION DE LA DISTANCE

XVIII. **Exposé psychologique de la question.** — Il n'est pas sans intérêt de rappeler qu'il y a de cela moins d'un siècle, toute l'accommodation était expliquée psychologiquement. L' « attention » (psychique), portée alternativement de près et de loin, devait nous faire voir nettement, tantôt un objet rapproché,

tantôt un objet éloigné. L'influence de l'attention sur la vision nette à des distances différentes a été fort ébréchée par l'élucidation du déterminisme dioptrique de l'accommodation. On ne dit plus que l'attention (psychique) seule fait voir à des distances différentes ; cependant, divers états psychiques continuent à être invoqués comme cause de l'innervation de l'accommodation. C'est ainsi que l'attention est citée comme motif de l'innervation accommodative, c'est-à-dire de l'innervation du muscle ciliaire; et sur des sensations que produirait l'accommodation on base des jugements relatifs à la distance des objets. L'élément psychique s'est donc évanoui dans la partie de l'accommodation dont on connaît le déterminisme physiologique ; il continue à être invoqué dans les parties du phénomène qui nous sont à peu près inconnues, c'est-à-dire dans l'innervation de l'accommodation. Là où le savoir positif fait défaut, on a recours aux béquilles psychologiques. L'étude de l'accommodation est éminemment suggestive à ce point de vue.

Voyons d'abord les faits dans leur revêtement habituel, psychologique. — L'accommodation peut servir à renseigner sur la distance. Dans la vision monoculaire, et dans des circonstances excluant tout autre élément pouvant faire apprécier la distance, l'accommodation peut y suffire. Ajoutons qu'il résulte d'expériences de Reddingius notamment que ce moyen ne nous sert réellement que pour des distances fort rapprochées, en deçà d'un mètre. Et dans ces limites mêmes, c'est un moyen d'appréciation fort imparfait.

Dans des conditions où le travail du muscle ci-

liaire est augmenté, nous jugeons les objets trop près; lorsque ce travail est au contraire diminué (ou facilité), nous jugeons les objets trop loin. Le premier état est réalisé si nous parésions légèrement le muscle ciliaire par l'atropine, ou bien si nous regardons à travers un verre négatif ; le second est réalisé dans un œil auquel on instille de l'ésérine, ou qu'on munit d'un verre positif pas trop fort : dans le premier, on voit les objets trop près ; dans le second, on les voit trop loin.

Dans la vision à l'aide d'un seul œil, dit-on, notre jugement sur la distance est basé sur l'accommodation, c'est-à-dire sur un renseignement sensoriel fourni par l'appareil accommodateur. Et en quoi consiste ce renseignement, de nature sensorielle ? — Encore une fois l'on ne saurait ici invoquer des sensations musculaires. On remplace donc ces dernières par des sensations de l'innervation motrice[1]. L'innervation de l'accommodation deviendrait consciente, provoquerait une sensation qui serait d'autant plus intense que l'innervation accommodative serait plus forte; et sur cette sensation serait basé notre jugement relatif à la distance.

1. Ces raisonnements et déductions psychologiques ne sont généralement développés dans toute leur étendue qu'à propos de la convergence, et on se contente de dire que l'accommodation est « associée » physiologiquement à la convergence. Mais on pourrait tout aussi bien dire que la convergence est associée à l'accommodation. Chez le borgne (de naissance) au moins, c'est sans contestation à l'accommodation qu'il faudrait rapporter ces raisonnements. Nous verrons, du reste, que ceux-ci n'acquièrent pas plus de logique sur le terrain de la convergence.

Avons-nous besoin de relever que personne ne démêle dans son for intérieur une trace de ces sensations de l'innervation accommodative. Il faut donc y renoncer, à moins de se rabattre sur des « sensations inconscientes » !

Reste alors à la théorie psychique à nous dire pourquoi nous changeons notre accommodation. Et ici elle sort de son arsenal toute une série d'états psychiques qui, à son dire, seraient capables de modifier l'innervation accommodative, états psychiques eux aussi inconscients et qu'il est impossible de serrer de plus près par une définition. On invoque encore l' « attention », entendue dans le sens psychique, et qui se porterait sur des objets situés à des distances différentes ; mais il est évident que si la simple attention a cet effet (accommodateur), elle suppose déjà la notion de la distance, notion qu'on explique précisément par l'accommodation (cercle vicieux).

Généralement on ne parle pas d'accommodation « volontaire », parce qu'on considère l'accommodation comme associée, liée à la convergence. Mais au moins chez le borgne de naissance, on devrait parler d'accommodation volontaire au même titre que chez l'individu à deux yeux ou parle de convergence volontaire. — N'osant parler de la volonté, on se rabat souvent sur une « tendance » presque irrésistible à voir nettement les objets qui se profilent sur la fovea, ou sur une violente « répulsion » pour des cercles de diffusion fovéaux ou maculaires. Cette « tendance » ou cette « répulsion » seraient une espèce de volonté inconsciente, du même ordre que la leucophilie et la leucophobie des animaux ; c'est-à-dire

ce sont là des étiquettes psychiques pour des processus physiologiques peu connus. Notons ici que cette espèce de volonté inconsciente emploie un moyen inconscient (l'accommodation) pour atteindre un but plus ou moins conscient (la vision nette). Elle suppose de la comparaison, de la délibération, et surtout l'expérience individuelle, etc. — Un physiologiste ne peut manquer d'être effrayé par tout cet attirail psychologique invoqué pour « expliquer » (!) un acte visuel, attirail que nous examinerons d'ailleurs plus en détail à propos de la vision bi-oculaire de la distance.

XIX. **Cause physiologique de l'innervation accommodative.** — L'accommodation, la contraction du muscle ciliaire, est un acte réflexe, un photo-réflexe sur l'œil. La réception qui le provoque est donnée dans les cercles de diffusion sur la fovea ; ceux sur la périphérie rétinienne n'ont pas cet effet (Reddingius). Cette photo-réception très spéciale provoque donc le réflexe accommodateur, par un mécanisme nerveux qui est loin d'être connu. Une fois les cercles de diffusion disparus, le réflexe reste à l'état statique, sollicité qu'il est par chaque relâchement de l'accommodation. — Nous remplaçons donc la tendance psychique à la vision nette par une notion physiologique, par une espèce de motricité d'une certaine photo-réception [1].

1. Un point non encore élucidé dans tout cela est qu'un objet situé plus loin que le point d'accommodation produit les mêmes cercles de diffusion, c'est-à-dire la même photo-réception qu'un objet plus rapproché. Or, dans le premier cas, l'accommodation doit diminuer, et augmenter dans le second. C'est une question

XX. Signification biologique de l'accommodation. — Dire que le but de l'accommodation est la vision nette, c'est lui assigner un but psychologique. Pour nous, le « but physiologique » de l'accommodation est double : *a)* d'assurer les photo-réactions iconiques sur le corps, et *b)* de préciser la projection quant à la distance. La première utilité se comprend, à un point de vue purement physique : sans photo-réception (image rétinienne) un peu nette, l'icono-réaction somatique est impossible. La seconde nous occupe plus particulièrement ici. En vertu de la seule vision radiaire, la main, dirigée sur le point lumineux, est simplement poussée dans la direction de ce point. En vertu de l'accommodation, ce mouvement est limité quant à son extension : la main va jusqu'au point et pas au delà. De par l'accommodation, le photo-réflexe somatique est limité quant à son extension, et c'est là un but, une signification physiologique de l'accommodation. En général, ce

à élucider par l'analyse physiologique. Un essai de ce genre a été tenté par REDDINGIUS.

Dans toutes ces circonstances, les photo-réflexes sur l'œil cessent d'eux-mêmes lorsque l'effet est obtenu, et cet effet c'est la disparition des cercles de diffusion fovéaux. Il est des circonstances où cela n'est pas possible. Alors la réception continue à agir, par exemple en cas d'astigmatisme. Il en résulte des phénomènes pathologiques, le spasme de l'accommodation. — Cette pathogénie de ces accidents, évidente selon nous, n'a guère encore été envisagée par les auteurs. — La théorie psychique est impuissante pour expliquer pourquoi, dans ces circonstances, l'accommodation dépasse le but, c'est-à-dire le maximum possible de la netteté de l'image rétinienne, puisque aucune « expérience » individuelle n'a révélé l'utilité d'un excès d'accommodation.

photo-réflexe sur l'œil n'a de raison d'être que parce qu'il y a un photo-réflexe somatique.

Mais *où rattacher,* à cette chaîne physiologique, *le fait psychique,* la représentation de la distance? — Reddingius lui-même, suivant en cela les auteurs psychologants, le rattache à l'accommodation, à une certaine phase de l'innervation accommodative, qui deviendrait consciente sous cette forme psychique. — Nous sommes d'avis que tous les états psychiques d'extériorisation visuelle doivent être rattachés aux photo-réflexes somatiques, dont ils sont les épiphénomènes psychiques. En général, les phénomènes de conscience objectivante n'accompagnent que les réflexes sur les muscles de la vie de relation, les réflexes sur les organes viscéraux n'en sont pas accompagnés (voir aussi plus loin, photo-réflexes sur les glandes stomacales). Et le muscle ciliaire est un pur muscle viscéral. — En général, les photoréflexes oculaires, notamment celui de la fixation radiaire (voir aussi celui de la convergence) ne sont que des mécanismes réflexes, régulateurs des photoréflexes somatiques. Nous nous figurons que le fait psychique ne naît qu'à propos d'une phase avancée du processus nerveux général, lorsque déjà il est modifié par le réflexe accommodateur. Il est en réalité une fonction (psychique) d'innervations motrices somatiques, qui, elles, sont modifiables par des innervations inconscientes. — Ainsi s'expliquent les observations signalées plus haut, dans les circonstances où le travail accommodateur est, soit augmenté, soit diminué : la réaction somatique étant autre, son épiphénomène psychique doit l'être également. —

Surtout nous ne voyons dans le fait psychique, dans la représentation de la distance, ni la cause de l'accommodation, ni celle du photo-réflexe somatique.

L'accommodation a donc une influence marquée sur la représentation de la distance. Mais cette influence n'est pas celle supposée par la théorie psychique ; elle est purement physiologique. — On a été amené à rattacher le fait psychique directement à l'accommodation, ou remarquant que souvent elle est le seul photo-réflexe appréciable. A notre avis, l'absence de photo-réflexe somatique, dans ces cas, n'est qu'apparente. En réalité, ce réflexe existe dans sa portion nerveuse, mais il est empêché par toutes sortes d'influences cérébrales frénatrices d'évoluer jusque dans sa phase musculaire. Une preuve en est qu'après avoir regardé (monoculairement) un objet, nous pouvons le toucher du doigt, les yeux fermés. — Dans ces circonstances, le processus nerveux a évolué au moins jusque dans sa phase qui est accompagnée du fait psychique. — Souvent d'ailleurs l'absence de photo-réaction somatique musculaire n'est qu'apparente, cette réaction consistant le plus souvent seulement en une icono-régulation de mouvements excités par d'autres réceptions (voir p. 151).

L'accommodation n'est pas le seul photo-réflexe oculaire qui se produise dans les circonstances indiquées. Il survient en même temps de la convergence des deux yeux, une certaine rotation des yeux autour de leurs axes visuels, et enfin une constriction de la pupille, tout cela en qualité de réflexes provoqués par les cercles de diffusion fovéaux. Or, ces mêmes quatre effets se produisent, en qualité de réflexes, à la suite d'une certaine

photo-réception bi-oculaire (voir plus loin). — Pour la bilatéralité de l'accommodation ainsi que pour la « volonté » dans ses rapports avec l'accommodation, voir plus loin.

VISION DE LA DISTANCE MOYENNANT LES DEUX YEUX.

Les faits de vision de la distance à l'aide des deux yeux sont innombrables, et force nous est de faire parmi eux un choix très restreint. Pour une première orientation, exposons les choses brièvement en nous servant du langage plus ou moins psychologant généralement usité. Nous allons voir reparaître tous les raisonnements psychologiques mis en avant à propos de la vision de distance qui se fait à l'aide de l'accommodation. C'est même sur le terrain de la vision bi-oculaire qu'on les développe généralement dans toute leur ampleur, mais, ainsi que nous allons le voir, pas avec plus de logique qu'à propos de l'accommodation.

XXI. **Points rétiniens identiques. Horoptère.** — Exposons d'abord une terminologie autour de laquelle on continue à beaucoup discuter. — Les deux yeux étant dirigés au loin, sur le firmament étoilé par exemple, l'étoile fixée paraît simple. Les sensations des deux fossettes centrales sont reportées au même endroit de l'espace, et vues simples : les centres des deux foveae sont ce qu'on appelle *des points rétiniens identiques* ou *correspondants*. Mais pendant qu'on fixe une étoile, toutes les autres sont également vues

simples. Il faut donc que chaque point rétinien ait dans l'autre rétine son correspondant. Si nous tirons de chaque étoile les lignes de direction (ligne tirée de l'étoile sur la rétine, à travers le centre optique de l'œil), qui, dans chaque œil, marquent l'image rétinienne de l'étoile, on remarque que les points identiques se disposent identiquement autour des deux foveae ; une étoile à droite de celle fixée forme ses deux images à gauche et à égales distances des deux foveae. Si on superpose par la pensée les deux rétines, dans leur orientation normale, les couples de points correspondants se couvrent. — Pendant que les yeux sont ainsi dirigés au loin, un point apparaissant à une distance plus rapprochée, et qui forme ses deux images sur des points rétiniens non correspondants, paraît généralement double. A la suite de J. Mueller, on en a conclu généralement *a)* qu'un point qui forme ses images sur des points correspondants, est vu simple, et *b)* qu'un point qui forme ses images sur des points non correspondants, est vu double. — La première de ces propositions est généralement vraie. Quant à la seconde, nous verrons qu'elle est manifestement fausse. Néanmoins, comme on l'a admise en somme comme vraie, on a été amené (à tort) à attribuer une importance très grande au lieu géométrique des points de l'espace qui, dans chaque position du regard, forment leurs images sur des points rétiniens correspondants. On a donné (J. Mueller) le nom d'*horoptère* à ce lieu géométrique. Seuls les points de l'espace situés dans l'horoptère devaient être vus simples ; tout point situé en dehors de l'horoptère momentané devait être vu double.

La forme de l'horoptère varie avec la convergence

et la direction du regard. Avec les yeux dirigés au loin, un plan vertical très éloigné, perpendiculaire à la ligne de regard, est approximativement l'horoptère. Dans les autres directions du regard, l'horoptère (théorique) n'est pas une surface, mais une ligne très compliquée, une courbe du 3e et même du 4e degré (pouvant être coupée en 3 ou 4 points par un plan). Lorsque (fig. 2) les deux yeux convergent droit devant nous sur le point *o*, le cercle de la figure 2 (passant par le point de fixation et les deux centres oculaires) en constitue la partie essentielle. Il faut de plus, à la partie de ce cercle située au-devant des yeux, ajouter une ligne verticale passant par le point de fixation *o*.

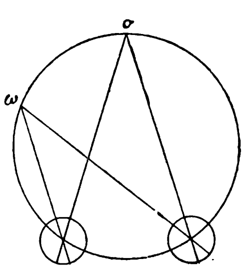


Fig. 2.

Il suffit d'invoquer l'évidence donnée par notre sens intime pour renverser la proposition d'après laquelle tout point situé en dehors de l'horoptère paraîtrait double. Elle est cependant acceptée généralement, avec son corollaire qui dit que nous voyons doubles la plupart des objets. Nous verrons que ceci n'est vrai que dans certaines conditions expérimentales, très anormales, mais que c'est faux pour la vision normale. Nous verrons à satiété que la notion de l'horoptère repose sur une prémisse erronée, celle de l'identité rigide des deux rétines ; de là que l'importance qu'on lui a attribuée est exagérée, et la plupart du temps déroutante pour le lecteur.

XXII. Vision de la distance du point fixé bi-oculairement. Diplopie (croisée et homonyme). — Le point fixé bi-oculairement, dit-on, est vu simple en vertu de l'identité des deux foveae. Sa direction résulte de la projection radiaire bi-oculaire, et sa distance est appréciée par la convergence nécessaire pour le voir simple, c'est-à-dire par la conscience que nous avons de l'innervation nécessaire pour l'obtention de la vision simple. Et cette conscience, on la base, soit sur les sensations musculaires, soit (et le plus souvent) sur les sensations de l'innervation de convergence. — On cite à ce propos le fait que si on regarde à travers des prismes à bases verticales et situées vers les tempes, l'objet fixé paraît plus près, mais qu'aussi la convergence nécessaire pour le voir simple est augmentée ; et qu'en regardant à travers des prismes à bases nasales, on voit les objets plus éloignés, « parce que » ainsi la convergence nécessaire pour la vision simple est moindre. Si la convergence augmente anormalement, la sensation qu'elle produit doit augmenter également, d'où qu'on juge l'objet plus près qu'il n'est réellement. — Cette sensation musculaire ou celle de l'innervation de convergence, n'étant pas renseignée par le sens intime, on la suppose inconsciente ; et on lui fait jouer le même rôle localisateur qu'à la sensation (inconsciente également) de l'innervation accommodative. De nouveau et toujours, il s'agit d'un jugement basé sur des sensations inconscientes. Le résultat du jugement serait seul conscient ; le mécanisme du jugement, la délibération, etc., serait inconscient lui aussi (!?).

Mais tout n'est pas dit avec ce qui précède. Il faut

encore expliquer pourquoi la convergence se modifie selon la distance du point lumineux. On invoque ici une « tendance » à la vision simple, une « répulsion » pour la diplopie. Nous voyons donc reparaître deux catégories psychiques du même ordre que la « répulsion » pour les cercles de diffusion (p. 189) et que la leucophilie et l'érythrophobie de certains animaux inférieurs.

Diplopie. — Le point *o*, fixé bi-oculairement (fig. 3) paraît donc simple, en vertu de l'identité des deux rétines, et sa distance exacte est déterminée par la convergence nécessaire pour le voir simple : il est localisé en *o*. Un point ω, plus rapproché que le point fixé bi-oculairement, est vu double, parce qu'il forme ses images sur des points rétiniens non identiques, dont l'un et l'autre est situé temporalement par rapport à la fovea. On rend cette diplopie apparente en couvrant alternativement un œil, puis en les laissant découverts tous les deux ; on se convaincra que chacune des doubles images correspond à un seul œil, et que celle de l'œil droit est en somme localisée à gauche du point *o*, approximativement en o_1, et celle de l'œil gauche à droite de point *o* (en o_2) — la *diplopie* est *croisée*. — Si (fig. 4) le point lumineux ω est plus loin que le point fixé bi-oculairement, il y a diplopie également, mais la double image de l'œil droit est localisée à droite du

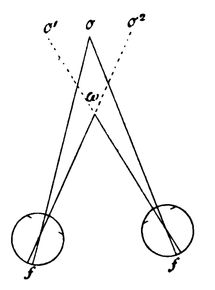


FIG. 3.

point fixé, en o_1, et celle (o_2) de l'œil gauche à gauche du point o — la *diplopie* est *homonyme* — produite par deux photo-réceptions nasales, donc non correspondantes.

Ce serait donc la tendance à voir simple, ou la répulsion pour la diplopie qui dirigerait les yeux de manière à amener le point en fixation bi-oculaire. Et cela étant admis, surgit une difficulté insurmontable, dans le fait que pour le sens intime, c'est-à-dire au point de vue sensoriel, il n'y a pas de différence entre la diplopie croisée et la diplopie homonyme; car, en réalité, on aperçoit de la différence entre les deux cas seulement à la suite d'expériences que bien peu de gens ont faites. Comment donc expliquer que dans l'un des cas la convergence augmente, et que dans l'autre elle diminue. — Certains auteurs recourent ici à l'hypothèse d'une expérimentation (inconsciente!) d'un autre genre. Nous essayerions d'abord dans un sens, et si l'écart entre les doubles images augmente, nous irions dans le sens opposé, qui alors mènerait au but, à la vision simple. Mais en fait, absolument rien ne dénote un essai de ce genre; la convergence se modifie sans hésitation; le mouvement est comparable à celui de la limaille de fer attirée par un aimant. Il y a là, soit dit dès maintenant, un écueil insurmontable pour la théorie psychique de la vision de distance à l'aide de la convergence, et qui, nous le verrons, est écarté aisément

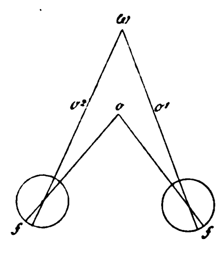


Fig. 4.

si on envisage les phénomènes à un point de vue purement physiologique.

Ce qui précède se rapporte à la vision de la distance d'un point situé plus ou moins dans la direction de la fixation. Dans les conditions de l'expérience de la figure 2 (p. 187), un point situé dans la périphérie des deux champs visuels, mais en dehors de l'horoptère paraît en doubles images, croisées, s'il est en deçà de l'horoptère, et homonymes, s'il est au delà, ainsi que du reste cela résulte d'une simple construction. On s'attendrait à entendre invoquer ici (le point paraissant dans la périphérie du champ visuel) de nouveau la répulsion pour la diplopie, comme incitation de mouvements oculaires. Mais les choses se passent autrement : la « tendance » à la vision simple disparaît tout d'abord devant la « tendance » à la vision nette : les yeux se redressent de manière à amener le point en fixation, et c'est seulement lorsqu'il approche de ce but que la convergence se modifie. La tendance résultant de l'identité des périphéries rétiniennes disparaît, dit-on, devant la tendance fixatrice que nous avons ramenée (p. 160 et suiv.) sur le terrain physiologique.

XXIII. **Vision de la distance à l'aide de la diplopie.** — Après avoir ainsi développé comme quoi la vision de la distance est réalisée *moyennant la répulsion pour la diplopie*, on vient d'une haleine nous expliquer une seconde vision de la distance, mais basée celle-ci sur le principe psychologique absolument opposé. Il s'agit de la vision de la distance qui a lieu, comme on dit, *moyennant la diplopie*. Dans celle-ci,

il n'y a plus de répulsion pour les doubles images ; au contraire, les doubles images seraient utilisées par notre intelligence pour y asseoir un jugement visuel relatif à la distance de l'objet qui cause la diplopie. Voici les faits. — Dans des expériences de DONDERS[1], pendant qu'on converge vers un point d'un espace obscurci, un aide fait apparaître des étincelles électriques aux endroits les plus divers de l'espace obscur, mais toujours plus ou moins près des lignes visuelles. Le sujet en expérience localise assez bien l'étincelle, et surtout il dit exactement si elle apparaît plus près ou plus loin que le point de fixation (marqué par une faible lueur). — A travers un tube noirci à l'intérieur, HERING[2] regarde sur un fond uniforme (pour exclure tout autre renseignement touchant la distance), puis un aide laisse choir des boules entre le tube et le fond. Le sujet en expérience apprécie assez bien la distance à laquelle est tombée la boule, et surtout il indique avec précision si elle est tombée en avant ou en arrière d'un fil tendu verticalement. — Ces expériences de DONDERS et de HERING ont été, du reste, inspirées par celle de DOVE[3], qui remarqua qu'on peut voir (dans le stéréoscope) le relief d'une vue stéréoscopique à la faveur d'une seule étincelle électrique.

Dans ces expériences, l'apparition de l'objet est tellement courte qu'il est impossible que pendant sa durée les yeux ayent eu le temps d'exécuter même un

1. DONDERS. *Arch. f. Ophthalm.*, 1871, XVII, 2, p. 16.
2. HERING. *Arch. f. Anat., Physiol. u. wissensch. Med.* Leipzig, 1865, p. 152.
3. DOVE. *C. R. Acad. Berlin*, 1841, p. 251.

commencement du mouvement de convergence dont il a été question à la page 190. Dans le cas présent, le jugement sur la distance ne peut donc pas être basé sur un renseignement sensoriel fourni par un changement de la convergence ; il doit reposer, dit-on, uniquement sur la conscience que nous avons de la diplopie, c'est-à-dire sur la diplopie elle-même. La convergence, dit-on alors, renseigne sur la situation de l'horoptère, et la diplopie renseigne sur la situation du point lumineux par rapport à l'horoptère. Plus les doubles images sont écartées, et plus nous « jugeons » le point lumineux loin de l'horoptère.

Ces jugements multiples, basés sur des sensations inconscientes, sont déjà extraordinaires. Mais nous nous butons ici en plein contre l'obstacle signalé plus haut, savoir que la diplopie croisée serait interprétée dans le sens du « plus près que l'horoptère », et la diplopie homonyme dans le sens de « plus loin que l'horoptère ». Aucun essai moteur, quelque petit qu'il soit, n'a pu renseigner sur le plus près ou sur le plus loin. Le jugement sur la distance, invoqué par la théorie psychologique, ne peut être basé que sur la diplopie, et notre conscience ne nous dit absolument pas si elle est croisée ou homonyme[1]. — Les auteurs

1. Schoen (*Arch. f. Ophthal.*, 1876, XXII, fasc. 4, p. 31) a relevé quelques différences entre les doubles images, selon qu'elles sont croisées ou homonymes. Mais il est des cas où ces différences entre les photo-réceptions n'existent certainement pas, et surtout où elles n'existent pas pour le sens intime. Or, c'est cela qu'il faut à la théorie psychologique. Quant à la théorie physiologique, elle n'a pas besoin de ces différences sensorielles (voir plus loin) ; elles sont du reste très peu prononcées.

(Helmholtz, etc.) invoquent ici de nouveau des différences sensorielles inconscientes et inconnues entre les doubles images. Ils ont recours à la tarte à la crème animiste qui a réponse à tout, pourvu, bien entendu, qu'on soit « croyant ».

Enfin, on raisonne toujours comme si dans tout cela on avait commencé par percevoir les doubles images, qu'on aurait alors interprétées psychiquement dans le sens d'un seul objet ; on verrait réellement les doubles images, et on les « fusionnerait ». Or, en fait, le plus souvent, on ne voit pas trace des doubles images dans les conditions où prétendûment on localise *à l'aide* des doubles images. Nous en appelons ici aux données du sens intime d'un chacun de nous. En se promenant dans une longue allée d'arbres, personne ne les voit doubles ; ils sont réellement vus simples, bien que seule une ligne d'un plan transversal se trouve approximativement dans l'horoptère momentané. — Regardant devant moi les objets sur mon bureau, avec le regard immobile, je vois l'encrier unique, et aucun de ses détails ne paraît double. — Le fait est qu'on ne voit de doubles images que dans des conditions anormales, expérimentales, où le mécanisme de la vision de la distance bi-oculaire à l'aide de la convergence ne peut pas fonctionner. Mais alors, on ne voit pas non plus la distance. Celle-ci n'est vue qu'à condition de *ne pas voir* de doubles images.

Revenons par exemple au cas de la figure 3 (p. 189). Si le point ω n'est pas très loin du point de fixation o, il se peut qu'il soit vu simple, et localisé avec une grande précision ; alors il n'y a pas trace de diplopie,

et il n'y en a pas eu. Si le point ω est très éloigné du point de fixation, il se peut qu'on le voie d'emblée double; mais alors la localisation en est plus imprécise quant à la distance. Si on commence par le voir simple, on peut en provoquer la diplopie de la manière suivante, qui exclut précisément l'appareil bi-oculaire de la vision de la distance. On couvre l'œil droit par exemple; alors le gauche voit les deux points radiairement, et naturellement ω à droite de *o*. Si je couvre l'œil gauche, il en est de même, mais ω est vu à gauche de *o*. Après quelques essais de ce genre, je parviens à maintenir, avec les deux yeux ouverts, la vision monoculaire pour le point ω; mais je n'y arrive pas pour le point fixé. Avec les deux yeux ouverts, le point fixé est toujours vu simple et localisé avec précision, tandis que les doubles images, vues chacune monoculairement, ont une localisation de distance plus vague. Si je localise ces doubles images approximativement dans le plan de fixation, c'est en vertu de l'accommodation, et peut-être en vertu d'autres éléments d'appréciations de la distance, qui tous agissent dans la vision monoculaire, et peuvent faire sentir leur influence dans la diplopie; celle-ci est une vraie vision monoculaire double.— Mais, nous le répétons, cette diplopie ne se produit pas dans la vision habituelle; elle ne surgit que dans des conditions expérimentales déterminées, si on emploie des artifices qui suppriment la vision de la distance bi-oculaire.

Une expérience démonstrative à ce point de vue est la suivante (Hering[1]). A travers un tube noirci à

1. Hering, in *Handb. de Hermann*, t. III.

l'intérieur, on regarde bi-oculairement sur une série de fils verticaux, disposés au-devant d'un fond uni, dans un plan à peu près perpendiculaire à la ligne de regard. Les fils passent donc par la courbe horoptère de la figure 2 (p. 187). Sur chacun d'eux, on dispose une perle à la même hauteur. Si donc on fixe une des perles, toutes sont disposées approximativement dans la courbe horoptère de la figure 2. Toutes les perles sont vues simples, et localisées très exactement sur une ligne transversale — moyennant des images rétiniennes correspondantes. Maintenant, pendant qu'on fixe une des perles, on avance ou on recule légèrement l'une des autres : au moindre déplacement la perle est vue plus près ou plus loin (que les autres), avec une grande précision, mais elle ne cesse pas pour cela d'être vue simple. Si le déplacement est excessif, les doubles images apparaissent, mais aussi la localisation devient incertaine.

Ainsi, au début de l'expérience pas trace de diplopie. Et dès que celle-ci surgit, la vision bi-oculaire de la distance disparaît. Et néanmoins on dit que dans ce cas nous localisons *à l'aide* des doubles images ! Parler ici de diplopie, lorsqu'on localise bi-oculairement, c'est vraiment faire violence aux faits. Mais aussi la théorie psychologante a un besoin si urgent de la diplopie ! On ne va pas encore franchement jusqu'à supposer une diplopie inconsciente, mais on y supplée par un tour de passe-passe destiné à simuler la diplopie là où elle n'existe certainement pas.

La prétendue vision de la distance *à l'aide* de la diplo-

pie est en réalité la vision de la distance à l'aide de photo-réceptions non congruentes, non identiques, mais à incongruence ou à disparation (Hering) transversale [1]. Si dans ces expériences l'incongruence transversale dépasse une certaine limite, il survient de la diplopie et on ne voit plus la distance. La localisation de distance peut se produire encore avec une disparation (transversale) de 2 et même de 3 millimètres. D'autre part, Helmholtz [2] et Heine [3] trouvèrent qu'une telle incongruence de moins d'un diamètre de cône fovéal suffit pour modifier la localisation (selon les cas, en avant ou en arrière du point de fixation). — Il s'est trouvé aussi que l'incongruence des photo-réceptions, ou comme on dit, la diplopie, donne des renseignements peu précis sur la distance absolue, mais qu'elle renseigne très exactement sur les distances relatives (sur le relief). — Enfin, une personne qui s'exerce à voir les doubles images finit par les remarquer (et à ne plus localiser la distance) avec une incongruence avec laquelle une personne non « exercée » ne voit pas de trace de diplopie.

XXIV. **La représentation de la distance cause des mouvements de convergence.** — Jusque maintenant, la notion de la distance est déduite de la convergence. Or, un certain nombre de faits forcent la théorie psychologique à renverser les principes admis par elle, et à envisager la convergence comme résultant au contraire de la notion de la distance. Celle-ci

1. Une disparation longitudinale, une incongruence d'avant en arrière provoque toujours de la diplopie, quelque petite qu'elle soit. Voyez Weinhold. *Arch. f. Ophthalm.*, 1902, LIV, p. 201.
2. Helmholtz. *Physiol. opt.*, 1re édit., p. 645.
3. Heine. *Arch. f. Ophthalm.*, t. LI, fasc.

devrait donc préexister à l'innervation de convergence.

Regardons le point x à travers une glace gg (fig. 5). Puis, fermant alternativement un œil, marquons (à l'encre) sur la glace les points a et b qui se couvrent avec le point x. Si maintenant nous regardons avec les deux yeux ouverts, nous pouvons ôter le point x, nous verrons néanmoins un point situé très exactement en x, et non sur la glace. — Chaque fois qu'on regarde un peu plus loin ou un peu plus près que x, on voit quatre points, chaque point de la glace paraissant en doubles images. Disons plutôt qu'il y a quatre photo-réceptions punctiformes. Or dès qu'on converge pour le point x, deux de ces réceptions tombent sur des points rétiniens correspondants. Et malgré que ces deux réceptions ne proviennent pas du même point objectif, elles servent à la vision de distance. Les deux images en question disparaissent, et il surgit un seul point, très exactement localisé en x. Entre temps les deux autres doubles images continuent à exister; seulement leur localisation de distance est incertaine, attendu que chacune n'est vue que monoculairement.

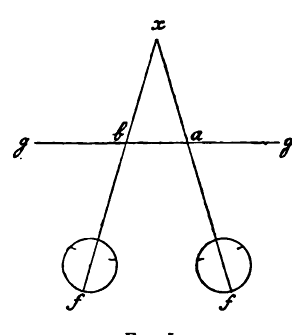


Fig. 5.

Les deux yeux peuvent aussi fixer un point x (fig. 6) plus rapproché que la glace gg, sur laquelle on marque les points a et b qui se couvrent avec le

point x. Après enlèvement de ce dernier, on voit un point en x, avec une précision absolue. Et alors il sera facile de voir dans ce cas également deux autres points, à localisation incertaine. — Dans le cas présent, les images accessoires sont homonymes, tandis que dans celui de la figure 5, elles sont croisées. Il est plus logique, plus exact, de ne pas parler de doubles images, car en réalité chacune provient d'un autre point objectif.

Somme toute, dans ces expériences, on voit la distance à l'aide de photo-réceptions correspondantes, mais de photo-réceptions ne provenant pas du même objet. Nous disons que puisqu'elles sont identiques à celles qui proviendraient d'un seul et même objet, il est naturel qu'elles produisent les mêmes réactions.

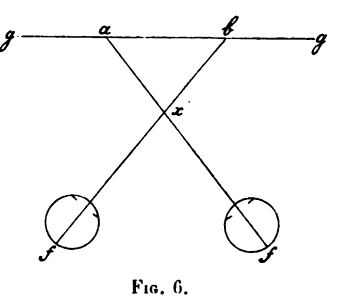


Fig. 6.

Au lieu d'expérimenter avec des points, on peut procéder avec des objets (épingles, petits disques, etc.); le résultat sera le même. Alors il s'agit d'une vision stéréoscopique en toute forme, mais sans stéréoscope.

Enfin, une modification ultérieure de ces expériences est la suivante. On développe une image négative bi-oculaire (ou monoculaire) d'un objet, du soleil par exemple, puis (au besoin dans l'obscurité, ou les paupières étant fermées), on converge pour des distances différentes : on voit un disque lumineux toujours à l'endroit variable pour lequel on converge.

Il semble que dans ce genre d'expériences, la convergence ne puisse être la conséquence de photo-réceptions ; il semble de plus que la représentation de la distance préexiste à la convergence, et n'en soit pas la conséquence. C'est ainsi que les auteurs envisagent les choses dans le cas où l'on opère avec des images négatives. Ils supposent qu'alors le point de départ est une représentation psychique d'une certaine distance, et que de cette représentation résulte une convergence volontaire. Les choses sont donc absolument renversées, comparées à ce qui est dit aux pages 188 et 193.

Cependant, des difficultés insurmontables surgissent lorsqu'on essaye de creuser un peu ces raisonnements. La représentation du soleil, par exemple, à la distance d'un mètre, est une conception par trop fantaisiste. Aussi suppose-t-on que nous nous représentons un autre objet à la distance indiquée, et que nous convergeons volontairement pour cette distance imaginaire. Et cette convergence volontaire influerait sur la localisation de l'image négative. — On pourrait donc soutenir que c'est encore une fois la convergence qui sert à localiser l'image négative. Il resterait cependant que la représentation d'un objet imaginaire innerve la convergence.

De l'expérience avec les images négatives à celles des figures 5 et 6, il n'y a qu'une différence de degré. Effectivement, certains auteurs n'hésitent pas à parler également ici de convergence volontaire. — Cependant, une observation un peu attentive fait voir que, dans ces cas, des photo-réceptions réelles jouent un rôle prédominant comme incitateur des mouvements ocu-

laires. — D'abord, pour obtenir la fixation du point x, non situé sur la glace, il est le plus souvent nécessaire de « guider » le regard à l'aide d'un point réel, par exemple à l'aide de la pointe d'un crayon. Une fois les effets des points a et b obtenus, on peut supprimer le point x. En second lieu, on peut s'arranger de façon à faire varier la distance entre les points a et b. Alors on ne cesse pas un instant de voir un seul point, mais dont la distance à l'œil varie avec l'écartement des points a et b. La vision simple persiste; la convergence se modifie; mais rien dans notre for intérieur ne dénote que ce soit en suite d'une modification de la représentation de la distance. Au contraire, cette dernière modification s'impose à nous comme conséquence obligée et immédiate des nouvelles conditions expérimentales.

Dans cette suite de raisonnements visuels supposés, la « cause » de tout à l'heure devient « effet », et vice versa. A un moment donné, il arrive que la convergence n'explique plus suffisamment la représentation de la distance; alors on explique la convergence par la représentation de la distance! — Il y a dans cette « réversibilité » merveilleuse de nos « jugements visuels » quelque chose qui choque la logique. Et cependant ces raisonnements contradictoires sont monnaie courante chez HELMHOLTZ, DONDERS et AUBERT, pour ne citer que quelques noms bien marquants. Ces auteurs commencent tous par établir que l'innervation de la convergence détermine la localisation psychique, le jugement sur la distance; et un peu plus loin ils disent que nous réglons nos mouvements de convergence d'après notre jugement sur la distance. L'une de ces deux propositions est évidemment destructive de l'autre. En faisant la première, les auteurs ont

en vue surtout la convergence sur un point réel. En faisant la seconde, ils pensent surtout à l'image négative projetée à des distances différentes, mais aussi à des expériences du genre de celles des figures 5 et 6, c'est-à-dire à la convergence sur un point imginaire.

Le point de départ de ces contradictions est qu'on suppose entre les photo-réactions psychiques et les photocinèses physiologiques des relations causales erronées. Les causes des faits physiologiques ne peuvent être que des faits physiologiques. La volonté psychique et la réprésentation psychique ne peuvent être cause de mouvements oculaires. La physiologie doit admettre que si on pouvait supprimer les états psychiques sans toucher à l'intégrité anatomique, les processus physiologiques continueraient à évoluer normalement.

XXV. **Auteurs qui abandonnent plus ou moins la théorie psychologique de la vision de la distance moyennant la convergence.** — HERING, tout en essayant de se tenir davantage sur le terrain physiologique, arrive en dernière analyse à des conclusions qui ne diffèrent guère de celles de HELMHOLTZ, de DONDERS[2] et de AUBERT[3]. Pour lui, des sensations de profondeur (de distance) seraient inhérentes au fonctionnement physiologique des différents points rétiniens. Le mouvement de convergence serait la conséquence de ces sentations ou représentations de profondeur.

Un auteur qui en cette question se place sur le vrai terrain, celui de la physiologie, est REDDINGIUS. Une certaine obscurité de son langage résulte toujours de ce

1. HERING, in *Hermann, Handb.*
2. DONDERS. *Arch. f. Ophtalm.*, 1871, XVII, p. 16.
3. AUBERT. Physiol. de la rétine, in *Graefe & Saemisch, Handb. d. Augenheilk* , II, f. 2, p. 479 et suiv., 1876.

qu'il est forcé d'employer des expressions psychologiques pour désigner des faits physiologiques. Pour lui, le mouvement de convergence est un acte réflexe, provoqué par la diplopie. Mais, si on pénètre davantage sa pensée, on voit bien qu'il entend par « diplopie » le processus physiologique accompagné de diplopie, c'est-à-dire deux photo-réceptions non congruentes. — Plus loin il dit[1] ceci : « Le but véritable de l'*orientation fixatrice dans la troisième* dimension n'est pas la représentation consciente de la distance, mais la régulation des mouvements des bras et des jambes. » Or, par « orientation fixatrice dans la troisième dimension », il entend la convergence. Dès lors, sa proposition est la suivante : « Le but véritable de la convergence n'est pas la représentation consciente de la distance, mais la régulation des mouvements des bras et des jambes. » La phrase est débarrassée de toute notion psychologique, et nous y souscrivons pleinement.

Un autre auteur avec lequel nous nous sentons en communion d'idées est PARINAUD[2]. Voici un passage de cet auteur : « Quelles sont les influences qui déterminent les mouvements des yeux ? C'est quelquefois la volonté, mais la volonté est ordinairement sollicitée elle-même par une impression de l'objet dans le champ visuel périphérique. Le plus habituellement, tout acte conscient est supprimé ; tout se borne à un réflexe en vertu duquel l'impression périphérique de la rétine détermine la direction des yeux vers l'objet qui a produit cette impression. *C'est la mise en jeu du réflexe rétinien de direction.* »

La phrase de PARINAUD, et peut-être un peu sa pensée, se débattent sous les nécessités linguistiques que nous

1. REDDINGIUS. *Loc. cit.*, pp. 118, 121 et 135.
2. PARINAUD (H.). *Loc. cit.*

avons signalées à satiété. De cette difficulté résulte l'emploi du mot « volonté ». D'après nous, cette volonté n'est pas « ordinairement », mais « toujours » sollicitée, ou bien par un objet dans le champ visuel périphérique, ou bien par son équivalent physiologique, par une innervation correspondante, éveillée par voie d'association physiologique (voir plus loin). — La pensée réelle de Parinaud s'affermit du reste un peu plus loin. « Un objet paraissant dans la périphérie du champ visuel, dit-il, surviennent deux réflexes. *a*) Le réflexe de direction, déterminé par l'excentricité de l'impression rétinienne. Mais ce réflexe n'amène généralement qu'une des deux images sur la fossette centrale, d'où diplopie. Et ces images déterminent un nouveau réflexe, *b)* le réflexe rétininien de convergence, ainsi que la mise en jeu de l'appareil de vision bi-oculaire. » — Ces développements restent malgré tout entachés de psychologisme.

La vision bi-oculaire de la distance envisagée à un point de vue purement physiologique.

Essayons maintenant de nous rendre compte de la vision bi-oculaire de la distance à l'aide de la convergence, en nous maintenant sur le terrain purement physiologique, en évitant tout d'abord d'avoir recours à des notions psychologiques, conscientes (diplopie, etc.), ou inconscientes. A cet effet, nous devrions même proscrire le mot « vision ». Si possible, nous ne devons parler que de photo-réceptions bi-oculaires et de photo-réactions physiologiques provoquées par elles. Et lorsque celles-ci seront élucidées, pour autant que cela est possible dans l'état actuel de la science, alors nous poserons la question de savoir à quelle

phase de la photo-cénèse physiologique il faut rattacher le fait psychique.

Au lieu de partir des phénomènes de conscience pour aller ensuite aux mouvements oculaires, ainsi qu'on le fait presque toujours, nous suivrons le chemin inverse : nous partirons des photo-réactions physiologiques en général, pour remonter ensuite aux représentations psychiques. L'entreprise est certes difficile ; il faudra faire abstraction de tout un côté de notre éducation scientifique, notre manière de penser et notre langage étant conçus dans la théorie psychique de la vision. Le chemin à parcourir a été, du reste, jalonné, plus ou moins frayé par notre exposé de la vision radiaire et de celle de la vision de la distance à l'aide de l'accommodation.

XXVI. **Définition physiologique de la vision bi-oculaire de la distance.** — Le problème physiologique de la vision bi-oculaire de la distance est celui de la limitation du photo-réflexe somatique quant à son excursion, et cela de par la circonstance que la photo-réception est bi-oculaire. Cette limitation fait que maintenant ce réflexe, par exemple le mouvement du bras, va jusqu'à un point déterminé et pas plus loin. La représentation psychique visuelle de la distance, ou la « vision » de la distance, n'est rien autre chose que l'épiphénomène psychique de cette limitation, ou plutôt du photo-réflexe somatique limité ainsi, soit que ce réflexe ait lieu réellement dans toute son étendue, soit qu'il tende seulement à se produire, tout en étant empêché (par frénation cérébrale) d'évoluer jusque dans son terme ultime, mus-

culaire. Entendu physiologiquement, le terme « vision bi-oculaire de la distance » peut être employé même à propos des animaux à deux yeux caméraires, c'est-à-dire à propos des vertébrés en général. Nous l'emploierons cependant le moins possible dans cette acceptation, pour éviter les malentendus.

Nous savons déjà que cette limitation des photo-réflexes somatiques peut résulter de l'accommodation. Elle peut aussi résulter de la bi-ocularité de la photo-réception qui les provoque. Et, comme nous l'avons vu, on décrit généralement deux procédés de vision bi-oculaire, deux modes suivant lesquels la photo-réception bi-oculaire peut limiter ainsi l'excursion du photo-réflexe somatique. 1° Il y a la vision bi-oculaire de la distance à l'aide de photo-réceptions non correspondantes, ou sans le secours de mouvements oculaires, ou encore, comme on dit fort improprement, à l'aide de la diplopie. 2° Puis il y a la vision bi-oculaire de la distance à l'aide de la convergence, ou encore à l'aide de points rétiniens correspondants.— Nous maintiendrons provisoirement cette subdivision ; mais nous verrons qu'il n'y a pas de différence essentielle entre ces deux modes de vision.

XXVII. **La vision simple avec les deux yeux, et la diplopie bi-oculaire envisagées physiologiquement.** — Avant d'entrer en plein dans le problème de la vision bi-oculaire de la distance, envisageons physiologiquement le problème de la vision simple avec les deux yeux, ainsi que celui de la diplopie bi-oculaire.

En général, le fait de la vision simple avec les deux yeux n'a rien de plus extraordinaire que la

représentation psychique d'un objet quelconque, représentation qui consiste à reporter à une cause unique, située en dehors de nous, toutes sortes de qualités sensorielles fournies par des organes des sens différents. La psychologie interne offre ici des explications toutes faites. Pour expliquer la vision simple, il y a notamment la théorie de la « chimie psychique » (voir p. 132). Tout au plus rappelle-t-on à ce propos, en fait de choses biologiques, les fibres commissurales du cerveau. Quelquefois on suppose naturel qu'avec 2 yeux on voie double, qu'avec 100 yeux on voie centuple, etc.

Toute personne un peu rompue aux conceptions modernes sur la physiologie du cerveau comprend que ce genre d'explications psychologiques, dont nous pourrions allonger l'énumération à l'infini, n'ont aucun sens physiologique. La physiologie n'a pas à se préoccuper de la nature métaphysique des représentations visuelles; son rôle est de prendre celles-ci comme données par le sens intime, et de rechercher les processus physiologiques (nerveux) dont elles sont les épiphénomènes (psychiques).

Pour nous, la *vision simple* avec deux yeux est la constatation psychique du fait qu'une photo-réception bi-oculaire ne provoque qu'une seule somato-réaction [1].

1. Toute représentation psychique est motrice, ou au moins tend à l'être. L'unité de cette représentation est l'expression psychique de ce fait que plusieurs réceptions ne produisent qu'une réaction somatique unique. La réaction somatique étant unique, son épiphénomène psychique, la représentation, doit être unique également. La pluralité de la représentation suppose une pluralité dans les réactions somatiques.

Lorsqu'on aura élucidé le déterminisme, c'est-à-dire le mécanisme (complexe et fort inconnu) de cette unité de la photo-réaction somatique, lorsqu'on aura précisé la phase (nerveuse) de cette réaction qui a pour épiphénomène (psychique) la représentation visuelle de l'objet, la question physiologique sera résolue.

Dans la *diplopie bi-oculaire,* nous reconnaissons aisément l'expression psychique du fait — très anormal — que chacune des deux photo-réceptions provoque une photo-réaction somatique à part. Chacune de ces réactions ayant son épiphénomène psychique, il en résulte la vision double. Qu'en cas de diplopie il y ait réellement dualité d'impulsion motrice somatique, ou dualité de régulation visuelle des mouvements somatiques, les gens affectés de paralysie d'un muscle oculaire savent en dire quelque chose.

Généralement la diplopie bi-oculaire est regardée comme un fait normal, fréquent, nécessaire même, puisqu'on base sur lui une partie de la vision de la distance. Nous ne pouvons assez répéter que la diplopie ne survient pas dans les conditions normales de la vision, mais seulement lorsque accidentellement ou intentionnellement, dans un but d'expérimentation, on trouble le mécanisme nerveux de la vision bi-oculaire. Tel est le cas des expériences citées à la page 189. Il faut une insistance particulière pour faire apparaître les doubles images ; il faut couvrir alternativement les yeux, supprimer successivement l'une et l'autre photo-réception, c'est-à-dire mettre précisément hors fonction le mécanisme de la vision bi-oculaire. Et à force de déranger ce mécanisme, il finit par ne plus fonctionner normalement pendant quelque temps. — Nous ne percevons pas le relief

à l'aide des doubles images; au contraire, nous ne l'apercevons qu'à condition de ne pas apercevoir de doubles images, c'est-à-dire à condition que les deux photo-réceptions provenant du même point lumineux ne provoquent par deux réactions somatiques, mais une seule.

En supposant des états de conscience aux animaux, celui qui aurait mille yeux ne verrait pas mille soleils, mais un seul, parce que, malgré ces mille yeux, un point lumineux ne provoquerait chez lui qu'une seule photo-réaction somatique. Chez un vertébré dont on dérange l'innervation motrice d'un œil, un point lumineux produit probablement deux somato-réactions ; il se meut comme s'il voyait double. — Il est à supposer que la diplopie ou la double photo-réaction somatique, une pour chaque œil, est d'origine phylogénétique relativement récente, qu'elle a surgi ou s'est affirmée avec la fixation bi-oculaire (voir plus loin).

XXVIII. **Vision bi-oculaire de la distance à l'aide de photo-réceptions quelconques, disparates.** — Longtemps la vision de la distance à l'aide de la convergence et à l'aide de points rétiniens correspondants paraissait être l'unique vision bi-oculaire de la distance, et aujourd'hui encore, celle à l'aide de photo-réceptions non congruentes est, aux yeux de beaucoup d'auteurs, comme une exception, une anomalie qui n'existerait pas sans la première. Cette opinion ne peut plus être soutenue, d'après les faits exposés pages 191 et suiv. Il est bien entendu qu'une photo-réception bi-oculaire sur deux points non correspondants (deux photo-réceptions non congruentes, mais disparates) peuvent provoquer un photo-réflexe somatique unique et gradué pour une extension déter-

minée. Dans la vision habituelle, l'incongruence des deux photo-réceptions peut être très grande, sans que la vision de la distance devienne impossible. Mais cependant, pour des raisons inhérentes aux mécanismes nerveux, cette incongruence ne peut jamais devenir excessive. Dans les conditions (défavorables) de l'expérience signalée p. 189, une incongruence des deux photo-réceptions de trois millimètres est incompatible avec cette vision.

Un homme à large scotome central double, et dont les yeux ne se meuvent guère, ne voit pas double, et s'oriente dans la foule. Il en est de même d'une personne (observation personnelle) affectée de paralysie complète des deux yeux. En cas de strabisme convergent datant du jeune âge, et où les deux yeux y voient bien, on a même parlé d'une correspondance nouvellement acquise, en voyant cette vision, vision simple avec des points rétiniens non correspondants.

Il y a dans bon nombre de ces cas, outre la vision simple avec les deux yeux, une certaine vision bi-oculaire de la distance, imparfaite, il est vrai.

Phylogéniquement parlant, la vision de la distance avec les deux yeux immobiles, c'est-à-dire avec des points rétiniens presque quelconques (non correspondants), a probablement existé avant celle qui se fait moyennant des changements incessants de la convergence ; celle-ci n'est apparue qu'avec la fovea, avec la nouvelle rétine ou rétine iconante. — La grenouille qui attrape un insecte volant, le cheval sautant avec dextérité un obstacle, etc., voient certainement simple avec les deux yeux. En graduant ainsi leurs mouvements quant à leur extension, avec des yeux presque immobiles dans la tête, ils le font probablement en vertu de la bi-ocularité

de la photo-réception. C'est au moins possible. La chose est de nature à pouvoir être soumise à l'expérience. — Le chat ou le chien nous paraissent souvent voir bi-oculairement la distance; mais aussi ils fixent bi-oculairement.

XXIX. **Vision bi-oculaire de la distance à l'aide de la convergence. Sa signification biologique.** — Les choses changent considérablement à l'apparition phylogénique de la rétine iconante, de la fovea. On conçoit la supériorité évidente de la vision bi-oculaire de la distance, si elle se fait à l'aide des deux foveæ, et non pas avec deux photo-réceptions quelconques. Les photo-réflexes (somatiques) seront limités avec une précision d'autant plus grande que les deux éléments rétiniens en cause localisent radiairement avec plus de précision, ou plutôt que les photo-réactions somatiques radiaires que ces éléments provoquent, sont plus précises. Or, en fait, les variations de la convergence ont pour effet d'utiliser, dans la vision bi-oculaire de la distance, seulement des impressions fovéales. Sans modification de la convergence, les deux photo-réceptions provenant du même point ne tomberaient que très exceptionnellement, pour ne pas dire jamais, sur les deux foveæ. Un mouvement approprié de la tête amènera bien l'une des deux photo-réceptions sur la fovea. Mais aussi longtemps que la seconde photo-réception sera périphérique, la localisation bi-oculaire de la distance ne pourra être que relativement vague, en raison de l'imprécision du réflexe somatique provoqué par cette seconde photo-réception.

Rappellons-nous que le « but » ou plutôt l'utilité physiologique du photo-réflexe (oculaire) de direction est de substituer en vision radiaire la somatomotricité fovéale à celle d'une partie périphérique de la rétine, de faire en sorte qu'un mouvement somatique de direction soit réglé par les photo-réceptions de la fovea, et non par celles de la périphérie rétinienne ; et qu'à cet effet le mouvement de direction modifie tous les photo-réflexes somatiques quant à leur direction. De même aussi le photoréflexe de convergence a pour « but », pour utilité physiologique, de faire en sorte que les photo-réactions somatiques bi-oculaires de distance soient provoquées (ou réglées) par les deux foveæ, et non par des endroits quelconques de la rétine.

Mais, à cet effet, le réflexe de convergence doit modifier tous les photo-réflexes somatiques bi-oculaires, de façon que maintenant celui provoqué par une photo-réception bi-oculaire donnée n'ait plus une extension indéfinie, mais soit gradué pour une excursion d'autant plus petite que la convergence est plus forte: par exemple, que maintenant la main qui doit saisir un point lumineux, aille exactement jusqu'à lui, et pas au delà, ni ne reste en deçà. — Cette limitation du somato-réflexe moyennant le réflexe de convergence est donc un fait analogue à la modification radiaire imprimée au somato-réflexe par le réflexe oculaire dit de direction (p. 165). L'un et l'autre de ces mouvements oculaires est un photo-réflexe absolument inconscient, modificateur du photo-réflexe somatique, qui de son côté devient conscient.

XXX. **Motricités oculaires des photo-réceptions bi-oculaires.** — Précisons le déterminisme rétinien du réflexe de convergence, c'est-à-dire du mouvement de fixation bi-oculaire. Différents cas sont à envisager.

1° Partons de l'hypothèse où les deux photo-réceptions sont bi-temporales ou bi-nasales, et à égales distances des foveæ. Que les deux yeux soient dirigés droit devant nous, au loin (fig. 7), et qu'un point visuel (efficace) *o* apparaisse plus ou moins près de l'œil, sur la ligne médiane, à égales distances des deux lignes visuelles. Il produit deux photo-réceptions temporales (une photo-réception bi-temporale) situées à égales distances des foveæ. Une telle photo-réception bi-oculaire provoque, en qualité de réflexe, avec un caractère absolu d'obligation, un mouvement des deux yeux qui amène le point *o* en fixation bi-oculaire. — Si au contraire nous partons de la convergence sur le point *o*, et qu'un point lumineux apparaisse plus loin, également sur la ligne médiane, les deux photo-réceptions nasales (bi-nasales), situées à égales distances des foveæ, provoquent, elles aussi, un mouvement des deux yeux qui amène le point éloigné en fixation (convergence négative).

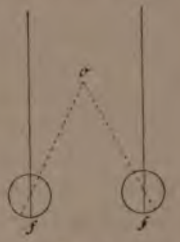


Fig. 7.

Il est impossible de ne pas penser ici aux valences motrices que les photo-réceptions exercent sur l'œil en vision radiaire (p. 160), motricités dont chacune prise isolément porterait la ligne visuelle cor-

respondante sur le point lumineux. Mais nous nous heurtons immédiatement au fait si constant de la bilatéralité des mouvements oculaires, et notamment à la bilatéralité du réflexe fixateur, en vertu duquel les deux yeux devraient rester immobiles dans le cas supposé, puisque les deux valences motrices opposées devraient s'équilibrer, s'entre-détruire. — Tout nous porte à admettre qu'il s'agit là d'une modification du réflexe fixateur monoculaire, modification qui doit découler précisément de la bilatéralité de la photo-réception. En attendant que le déterminisme nerveux du phénomène soit élucidé, nous dirons que deux valences motrices sur les yeux, égales, mais opposées et simultanées, se modifient dans les centres, de manière que chacune n'agisse que sur l'œil correspondant. Cette manière de s'exprimer s'applique, comme nous le verrons, à tous les cas qui se présentent. Généralement cependant on parle ici d'une *valence motrice* nouvelle, *de convergence*, et d'un réflexe de convergence, positif ou négatif, ayant pour excitant ou réception adéquate une photo-réception bi-oculaire bien déterminée. Une photo-réception bi-temporale, à égales distances des foveæ, provoque, dit-on, le réflexe de convergence positive, et une photo-réception bi-nasale, à égales distances des foveæ, provoque le réflexe de divergence (ou convergence négative). Une telle photo-réception bi-oculaire aurait une motricité oculaire d'un nouveau genre, déterminée par des mécanismes nerveux centraux. On pourrait parler de cette motricité au même titre que de la motricité fixatrice d'une photo-réception monoculaire. L'emploi de ce mot constate

seulement un fait et ne constitue pas une hypothèse[1].

Si les deux points lumineux, inégalement distants de l'observateur, coexistent, l'une motricité de convergence empêche l'autre de se produire. Mais si le point fixé réellement disparaît, l'autre motricité sort ses effets avec une nécessité comparable à celle qui fait tomber un corps non soutenu.

XXXI. **Ainsi se résout le problème fondamental de la convergence.** — La notion de la motricité de convergence attachée à certaines photo-réceptions bioculaires, résout très simplement le problème fondamental de la convergence, devant lequel la théorie psychologique de la vision s'est trouvée (p. 190) impuissante. En effet, si au point de vue psychique, à celui de la diplopie, il n'y a pas de différence selon que le point lumineux est plus près ou plus loin que le point de fixation, il y en a une énorme au point de vue physiologique, c'est-à-dire à celui de la motricité des photo-réceptions. Physiologiquement, les deux cas sont précisément l'un l'inverse de l'autre. Nous comprenons que dès le début, et sans essai préalable, le mouvement de convergence aille droit au but, qu'il y ait augmentation de la convergence dans un cas, et diminution dans l'autre.

1. Un esprit psychologant à outrance — un croyant — nous répondra que notre motricité physiologique est une conséquence d'un jugement basé sur des sensations inconscientes, ou plutôt sur une expérience inconsciente d'une rapidité qui dépasse celle d'un éclair. L' « essai » dont il est question à la page 190 aurait eu lieu, bien qu'on ne s'en soit pas aperçu. Mais dans ces conditions, il n'y a plus de discussion scientifique possible.

XXXII. Motricités oculaires des photo-réceptions bi-oculaires (continuation). — 2° Partons d'une direction du regard bi-oculaire au loin, et oblique dans la tête (fig. 8). Le point visuel *o* provoquera le réflexe de convergence, comme dans le cas précédent. C'est comme si les deux motricités monoculaires agissaient chacune seulement sur l'œil correspondant.

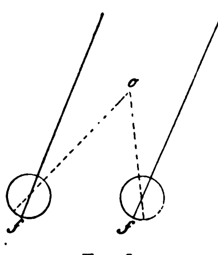


Fig. 8.

3° Qu'un point lumineux apparaisse (fig. 9) asymétriquement par rapport aux lignes visuelles parallèles (photo-réceptions asymétriques par rapport aux foveæ), il attirera toujours sur lui les deux lignes visuelles, de façon à arriver en fixation bi-oculaire. Dans le cas de la figure 9, la photo-réception gauche est plus éloignée de la fovea que la droite ; sa motricité est plus excursive que celle de la seconde. Mais si chacune agit seulement sur l'œil homonyme, elles produiront précisément la fixation bi-oculaire. — Si le point lumineux apparaît comme dans la figure 10, les motricités sont opposées et inégales, mais toujours telles que chacune amène l'œil correspondant en fixation. — Un cas curieux est celui de la figure 11 ; seule la photo-réception gauche a une motricité qui porte l'œil gauche en fixation. La photo-réception droite, fovéale, n'a pas de motricité oculaire ; cet œil est en

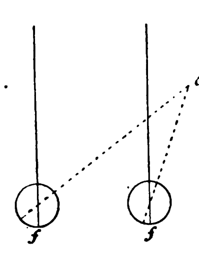


Fig. 9.

fixation. La fixation bi-oculaire s'obtient sans que l'œil droit ne bouge.

Généralement on n'envisage pas les choses comme

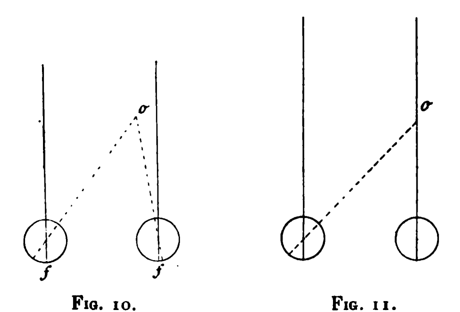


Fig. 10. Fig. 11.

si chacune des deux photo-réceptions (bi-oculaires) avait une motricité pour le seul œil homonyme, mais, ainsi que nous l'avons dit, on parle d'une nouvelle motricité des photo-réceptions, de convergence celle-ci. Dans cette manière de voir, l'interprétation des cas des figures 7, 9, 10 et 11 se complique. Ces auteurs (Hering, etc.) admettent la bilatéralité de tout mouvement oculaire, mais l'analysent en deux composantes, en un mouvement bilatéral de direction, et en un mouvement bilatéral de convergence.

Reprenons à cet effet l'hypothèse des deux lignes visuelles dirigées droit au loin, et un point lumineux apparaissant en *o* (photo-réceptions disparates). Les yeux exécuteraient d'abord (fig. 12) un mouvement de direction, c'est-à-dire un mouvement de fixation radiaire, qui amènerait les deux lignes visuelles dans les directions pointillées, et puis seulement surviendrait le réflexe de convergence (comme dans le cas de

la fig. 8). Ce dernier mouvement devrait, pour l'œil gauche, être additionné au premier (nommé improprement mouvement de direction [1]), tandis que pour l'œil droit, il devrait en être soustrait : d'où dans ce cas l'inégalité du mouvement angulaire total des deux lignes visuelles. — Dans le cas d'un point lumineux apparaissant sur l'une des deux lignes visuelles

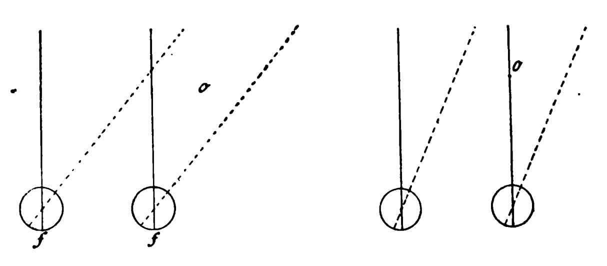


Fig. 12. Fig. 13.

parallèles, le mouvement de direction se produirait (fig. 13, lignes pointillées), puis, et presque simultanément, le mouvement de convergence ; mais comme les deux seraient égaux et opposés pour la ligne visuelle droite, cette ligne ne bougerait pas [2].

1. Les mouvements bi-oculaires simplement latéraux, en haut en bas, sans convergence, sont généralement appelés mouvements de direction. Ce nom est logique pour la théorie psychologique de la vision, qui fait découler précisément de ces mouvements la vision de la direction. En réalité, ce seraient des mouvements de fixation, mais de « fixation de direction » si on veut. Les mouvements de convergence, nommés souvent mouvements de fixation binoculaire, seraient en réalité des « mouvements de fixation de distance ».

2. Hering trouve une preuve de ces deux mouvements dont serait animée ici la ligne visuelle dans un certain tremblement

Il est certain que lorsque le point « visuel » apparaît dans la périphérie du champ visuel, le mouvement bi-oculaire est au début plutôt un pur mouvement de latéralité. Et ce n'est que lorsque le point approche de la fixation que commence le réflexe de convergence (positive ou négative, selon les cas). — Ce ne sont donc que les photo-réceptions bi-oculaires de la fovea et de son entourage qui provoquent le réflexe de convergence, à peu près de même que seuls les cercles de diffusion maculaires provoquent le réflexe accommodateur. — Il n'est pas sans intérêt de faire observer que la convergence et l'accommodation sont l'une et l'autre un réflexe servant à la vision iconique ; l'une et l'autre est provoquée par la rétine nouvelle, iconante. La périphérie rétinienne ne les provoque pas. — Une fois le mouvement de convergence commencé, il interfère, il se combine avec celui de direction, et les deux paraissent n'en former qu'un ; les deux lignes visuelles se rendent plus ou moins directement à leur position définitive. — Cependant rien ne s'oppose à ce que l'interférence entre les deux mouvements n'ait lieu déjà dans le cerveau.

Parinaud, confirmé par d'autres auteurs, a décrit, à la suite de certaines lésions centrales mal définies encore, une paralysie de la seule convergence, sans paralysie véritable des muscles oculaires. Les yeux peuvent se tourner normalement à droite, à gauche (mouvement de direction), mais la convergence est impossible. Parinaud

de l'œil droit pendant que s'obtient la fixation binoculaire du point *o* (fig. 13). Mais ce tremblement n'est-il pas l'expression de la rotation que l'œil exécute en même temps autour de son axe visuel, rotation dont nous ne parlons pas ici ?

parle ici d'une paralysie d'un centre nerveux pour la seule convergence. En tout état de cause, l'observation semble démontrer que le fonctionnement d'une certaine partie du cerveau provoque le mouvement de convergence.

Ajoutons aussi qu'en cas de strabisme bien établi (concomitant), il ne se produit plus de convergence, mais seulement des mouvements (bi-oculaires) de direction. Enfin, chez les aveugles, il ne se produit plus guère de convergence mais souvent encore des mouvements (bi-oculaires) de direction.

D'autres observations récentes tendent à effacer toute distinction essentielle entre la vision de direction et celle de la distance. Il n'y aurait pas de simple vision de la direction. Dans leur repos musculaire, les yeux divergent plus ou moins. L'attention visuelle, l'acte de voir n'importe quoi, même très loin, les redresse, fait contracter les muscles droits internes, et place les lignes visuelles au moins parallèles. La vision bi-oculaire au loin ne serait pas une vision radiaire; ce serait une vision de distance, mais d'une distance très grande. — Si néanmoins nous avons maintenu la distinction entre la vision de la direction et la vision de la distance, c'est surtout comme moyen de grouper les matières, mais aussi pour ne pas trop nous écarter de la manière dont on expose généralement les questions de vision.

XXXIII. **L'importance véritable de la notion de l'horoptère et de celle de l'identité des deux rétines.** — Dans les théories régnantes sur la vision, la notion des points rétiniens correspondants, et celle de l'horoptère, qui en est la conséquence, prend une importance absolument prédominante. Cette importance est outrée, puisque la définition primitive des points correspondants — couples de points qui servent à

voir simples — ne peut plus être maintenue, puisqu'une infinité d'autres couples de points servent à voir simple. Nous jugeons inutile d'exposer les hypothèses conçues dans le but de sauver malgré tout l'identité (dans le sens indiqué) des points géométriquement semblables dans les deux rétines.

Aussi longtemps qu'on parle d'identité des deux rétines, il y aura deux espèces de vision bi-oculaire de la distance, essentiellement différentes, dont l'une, comme on dit, se fait à l'aide de la vision bi-oculaire simple, et moyennant les variations de la convergence, ou encore à l'aide de points rétiniens correspondants ; l'autre se ferait à l'aide de la diplopie, à l'aide de photo-réceptions disparates, sur des points rétiniens non identiques, sans le secours de variations de la convergence. On peut retourner les choses comme on veut, on peut les exprimer à grand renfort de géométrie, moyennant la notion de l'horoptère, ces deux espèces de vision restent, dans la théorie psychologante, en une véritable opposition ; on n'entrevoit aucun lien qui les réunît, sinon que ce sont des effets de photo-réceptions bi-oculaires.

Nous estimons que les deux espèces de vision de la distance sont au fond la même chose ; que l'une passe insensiblement dans l'autre, et que l'hyatus qui semble être béant entre les deux ne résulte pas des faits, mais seulement des théories régnantes, ainsi que du langage psychologico-géométrique dans lequel on nous représente les choses ; qu'enfin la notion de l'horoptère ainsi que celle de l'identité des rétines n'ont pas l'importance qu'on leur attribue généralement. — Pour mettre la vérité de ces propositions en évidence,

il importe de partir de ce fait qu'il peut y avoir vision bi-oculaire de la distance sans mouvements oculaires, à l'aide de photo-réceptions bi-oculaires quelconques en quelque sorte. Il est essentiel aussi de ne pas partir de la « vision psychique », mais de parler des photo-réceptions somatiques et de leur limitation par la bi-ocularité des photo-réceptions.

D'après ce qui précède, chez un vertébré à deux yeux caméraires, immobiles (ou à peu près) dans la tête, et sans rétine iconante, une photo-réception bi-oculaire provoque en général une somato-réaction unique (vision simple), et nous pensons que celle-ci est limitée plus ou moins dans son excursion (vision de la distance). Chez un tel être, il ne saurait être question de points identiques, ni d'horoptère ; la vision bi-oculaire de la distance se fait à l'aide de photo-réceptions bi-oculaires très diverses, sinon quelconques. Cet état est approximativement réalisé chez l'homme à large scotome central, et chez celui à paralysie congénitale complète des muscles oculaires extrinsèques : ils ne voient généralement pas double, mais voient bi-oculairement la distance à l'aide de photo-réceptions non identiques.

L'apparition d'un rudiment de fovea peut tout d'abord ne rien changer d'essentiel à cet état des choses. Cette fovea servira à produire des photo-réactions somatiques limitées quant à leur extension, de concert (et en combinaison) avec des points rétiniens assez variables. — Mais les choses doivent avoir changé avec l'affermissement de la rétine nouvelle. Nous avons signalé l'utilité éminente qu'il y a de faire dépendre les photo-réactions somatiques, non

de photo-réceptions quelconques, mais de celles qui produisent les somato-réactions les plus précisées, c'est-à-dire de deux photo-réactions fovéales : le maximum de précision dans la limitation de ces réactions sera à ce prix.

Mais pour que l'objet visuel forme ses images sur les deux foveæ, il faut, notamment chez l'homme, des mouvements oculaires. Chez tous les animaux à rétines iconiques examinés à ce point de vue, l'homme y compris, il est impossible qu'avec les yeux au repos musculaire, un objet visuel produise deux photo-réceptions fovéales. Nous avons dit que déjà pour la vision bi-oculaire au loin, les yeux humains doivent converger activement ; et ils doivent converger d'autant plus que l'objet est plus rapproché. Chez les divers vertébrés, ils doivent converger encore davantage.

La convergence n'a donc pas pour utilité, c'est-à-dire pour raison phylogénique, de faire voir simple (ainsi qu'on le dit généralement), car la vision simple existait de tous temps. Elle n'a même pas pour raison de limiter l'excursion des somato-réflexes bi-oculaires, car la vision bi-oculaire de la distance préexistait à la convergence, et se produit encore sans variations de la convergence. Son but véritable (et sa raison phylogénique) est de faire que cette limitation soit l'effet, non de photo-réceptions bi-oculaires en quelque sorte quelconques, mais de photo-réceptions bi-fovéales. A cet effet, il ne suffit pas du réflexe de convergence ; il faut encore, comme nous l'avons dit, que le réflexe modifie les somato-réactions visuelles dans leur extension, ou plutôt qu'il les gradue pour une excursion d'autant plus petite que la convergence est plus forte (p. 205).

Le but du photo-réflexe de direction semblait aussi, à première vue, être de modifier les photo-réactions somatiques ; mais son but (physiologique) véritable à lui aussi est d'amener la fixation. La modification de toutes photo-réactions somatiques est, dans l'un et l'autre cas, un effet accessoire de la photo-réception, mais utile et nécessaire, pour des raisons physiologiques dont l'évidence saute aux yeux.

Supposons maintenant une convergence pour une distance donnée. Toutes les somato-réactions bi-oculaires sont donc modifiées, limitées dans le même sens. La plupart des photo-réceptions sont bi-oculaires, et toutes servent à la vision simple et à la vision de la distance. On ne voit dans tout cela rien d'un horoptère, rien des points identiques ni des points non identiques. Déplacez un peu, par la pensée, l'une des deux foveæ (bien entendu dans le développement phylogénétique), cela ne changera rien à la vision psychique, mais le même somato-réflexe sera alors provoqué par des éléments récepteurs partiellement autres. Ou bien supprimons par la pensée les deux foveæ — état d'ailleurs réalisé en cas de scotome central double —, et toutes les photo-réceptions serviront à voir simple et à voir (imparfaitement) la distance ; mais il ne pourrait plus être question de points rétiniens identiques, ni de points non identiques, ni enfin d'un plan ou d'une courbe horoptère.

Il y a en avant et en arrière du point de fixation une infinité de plans, dont tous les points sont, dans la vision habituelle, vus simples, et localisés exactement. Il y a donc une infinité de combinaisons entre couples de points rétiniens qui sont identiques. Physiologi-

quement parlant, rien ne caractérise plus spécialement ceux qui reçoivent les réceptions des points d'un plan ou d'une ligne déterminée, car ceux qui n'en diffèrent qu'un peu servent à une localisation aussi exacte que les premiers. Prenons une courbe située un peu en avant (ou en arrière) de l'horoptère des auteurs, et de chacun de ses points tirons les lignes de direction. Celles-ci marqueront une autre série de couples de points, aussi identiques que ceux des auteurs, puisqu'ils servent à voir simple (et à localiser) les points de la courbe nouvelle. Ce cercle est lui aussi une courbe horoptère, mais qui ne renfermerait pas le point de fixation. On peut imaginer, pour une convergence donnée, une infinité de courbes horoptères, donnant chacune à considérer d'autres combinaisons pour les couples de points identiques. On a été amené à mettre hors pair l'horoptère renfermant le point de fixation, uniquement à cause de la supériorité évidente de la vision dans cette courbe puisqu'on accommode pour elle ; ensuite, le langage géométrique aidant, on en a fait quelque chose de spécial, d'à part.

On ne pourrait pas invoquer que seul un point lumineux situé dans l' « horoptère de fixation » est fatalement vu simple, car nous avons vu qu'un point apparaissant un peu au delà ou en deçà de cet horoptère est lui aussi fatalement vu simple, puisque dans les cas les plus favorables, il faut pour voir double une disparation transversale des deux photo-réceptions de 2 à 3 millimètres (p. 197). Chez l'homme normal donc, il y a un très grand nombre d'horoptères, une très grande combinaison de points identiques.

On pourrait essayer de sauver physiologiquement le

plan horoptère par la considération de l'accommodation. L'accommodation, toujours calculée pour la distance du point de fixation, donne le maximum de netteté à toutes les photo-réceptions d'objets situés dans un plan vertical passant approximativement par le point de fixation, ou situés dans l'horoptère de fixation. Il y aurait donc une utilité physiologique, et partant une raison phylogénique, à faire dépendre les photo-réactions somatiques toujours de photo-réceptions correspondantes. Une photo-réception non nette, dans la périphérie du champ visuel, provoquerait un changement d'accommodation (et de convergence) qui amènerait l'objet dans l'horoptère. Les points rétiniens identiques seraient ceux qui produiraient ainsi habituellement les photo-réactions somatiques, et l'horoptère serait le lieu géométrique momentané des points lumineux qui produiraient habituellement les photo-réflexes somatiques (binoculaires).

Mais, nous l'avons dit, ce n'est pas ainsi que les choses se passent. Des photo-réceptions périphériques provoquent des somato-réactions en somme identiques, qu'elles soient nettes ou floues. Il n'y a donc pas de raison pour qu'elles provoquent le réflexe accommodateur, et en réalité elles ne le provoquent pas. Mais il y a une raison impérieuse pour qu'elles provoquent les réflexes oculaires qui portent les deux photo-réceptions sur les deux foveæ.

Le réflexe accommodateur, comme du reste le réflexe de convergence pur, n'ont de raison d'être que pour des photo-réceptions fovéales. Seuls les photo-réflexes somatiques des réceptions fovéales peuvent être réellement précisés par l'accommodation. En fait (p. 147), les photo-réactions sur la périphérie rétinienne commencent par provoquer un réflexe de direction, et ce n'est que lorsqu'elles sont plus ou moins fovéales que commencent et le réflexe accommodateur et le véritable réflexe de convergence.

Les mammifères chez lesquels un rudiment de fovea a fait son apparition, le bœuf, le cheval, ne convergeant guère, et cependant il est certain qu'aucune photo-réception bi-oculaire ne provoque chez eux une double réaction somatique (diplopie). La possibilité même de cette double photo-réaction somatique, en d'autres mots la possibilité de la diplopie, paraît s'être développée au fur et à mesure que la fixation bi-oculaire devint prédominante, autrement dit avec le développement de la fovea. En vertu de ce développement, les photo-réactions somatiques devinrent de plus en plus fonction des photo-réceptions fovéales. Et l'évolution naturelle aidant, a disparu plus ou moins la nécessité de l'unité de réaction somatique pour les photo-réceptions très disparates. Cette unité de photo-réaction suppose en effet une complication des mécanismes nerveux qui doit disparaître par le non-usage. Ainsi doit-il être arrivé que la diplopie est devenue possible pour des photo-réceptions dépassant une incongruence transversale de deux à trois millimètres dans et autour de la fovea. Il en est arrivé que dans et vers la fovea, les points de l'horoptère de fixation, ainsi que ceux des plans voisins, sont plus nécessairement vus simples que ceux de plans situés fort en deçà et fort au delà de l'horoptère des auteurs. Mais cette faculté, ou plutôt cette infirmité, n'apparaît même pas dans la vision habituelle ; elle ne se manifeste que dans des conditions (expérimentales) rendant plus difficile la vision simple[1].

De même donc que la vision radiaire tend à se faire toujours moyennant des mouvements oculaires (de direction) et la fovea, de même aussi la vision bi-oculaire de la distance tend de plus en plus à se faire moyennant

1. La vision simple avec des photo-réceptions à disparition longitudinale n'a pu s'établir (v. p. 197), parce que normalement il ne se produit pas de telles photo-réceptions.

des mouvements de convergence et les foveæ, bien qu'au fond et originairement l'une et l'autre de ces visions se soient faites sans mouvements oculaires et à l'aide de toute l'étendue de la rétine.

Dans le strabisme concomitant, chez l'homme, il ne se produit plus de convergence, mais seulement des mouvements parallèles (de direction) des deux yeux. Les cas où il y a diplopie ne sont pas un retour à un état ancestral ; il y a plutôt désarroi fonctionnel ou mise hors fonction de l'appareil de vision bi-oculaire. Les cas où il n'y pas de diplopie sont plutôt un retour à un état ancestral ; il paraît y avoir effectivement chez ces personnes une vision imparfaite, mais bi-oculaire, de la distance. On a même parlé ici d'une correspondance nouvelle qui se serait établie. C'est plutôt la vision bi-oculaire simple, primitive, celle de la distance sans mouvements oculaires.

XXXIV. **La notion psychique de la distance visuelle et la convergence.** — De même que le simple photo-réflexe oculaire de direction (voir p. 163), celui de la convergence est donc le résultat d'un mécanisme réflexe auto-régulateur des photo-réactions somatiques. Si, comme on le fait généralement, on néglige totalement ces dernières, la notion de la distance paraît être l'épiphénomène psychique de la convergence. Mais la convergence ne produit cet effet qu'indirectement, en modifiant les photo-réflexes somatiques. C'est à ceux-ci qu'est lié le fait psychique, et c'est avec eux que se modifie le fait psychique. La représentation psychique visuelle de la distance *paraît* être l'épiphénomène psychique de la convergence surtout dans les cas assez nombreux où le photo-réflexe de convergence *paraît* être la seule photo-réaction. Nous

prétendons que dans ces cas, la photo-réaction somatique existe au moins dans sa portion nerveuse, celle précisément qui est accompagnée de cet épiphénomène psychique. La représentation ou projection visuelle de la distance, ou encore la vision de la distance, est donc l'épiphénomène psychique d'une somato-réaction unique, provoquée par certaines photo-réceptions bi-oculaires ; et comme la convergence modifie ce somato-réflexe, il modifie également, mais par un intermédiaire, la représentation visuelle de la distance. — La convergence est une photo-réaction de l'ordre des réactions viscérales, qui, généralement, ne sont pas accompagnées de faits de conscience, au moins pas de faits de conscience objectivante (voir aussi plus loin, *photo-réflexes sécréteurs*). — Ainsi se fait-il qu'en général, le déterminisme physiologique de la vision (psychique) de la distance est précisément celui de la production de somato-réactions provoquées par certaines photo-réceptions bi-oculaires.

Nous n'avons pas besoin de rappeler plus spécialement que de la manière dont nous envisageons les choses, nous remplaçons les facteurs psychiques habituellement invoqués en vision bi-oculaire de la distance (sensations de convergence, répulsion pour la diplopie, etc.) par des processus physiologiques bien définis, mais inconscients.

A certains égards, il semblerait que notre manière de voir est une variante de la théorie des sensations d'innervation. Entre les deux, il y a en réalité un abîme. Il y a d'abord la différence que nous recourons à des innervations motrices pour le corps, et non à des innervations pour l'œil. Mais nous nions formellement qu'entre le processus de photo-réception et la représentation spatiale

vienne s'interposer un élément psychique non spatial, comparable aux sensations visuelles. — HERING et d'autres auteurs attribuent à toute sensation visuelle une qualité spatiale. Or, c'est là partir en somme de la définition d'un état psychique, et admettre la perception visuelle de l'espace comme un fait non susceptible d'une analyse ultérieure. Une opinion analogue est celle des auteurs qui, tout en n'invoquant pas de sensations (pures) de l'équilibre, estiment que les innervations provenant du labyrinthe renseignent directement sur le haut et le bas, provoquent des « sensations spatiales ». Ces opinions envisagent erronément les états de conscience comme le but physiologique des innervations centripètes, et y voient la cause des mouvements correspondants. Pour nous, le but physiologique des innervations centripètes, ce sont les réactions somatiques. Les faits psychiques sont rattachés à l'innervation de ces réactions par une causalité très spéciale (p. 19) ; ils ne sont pas la cause de ces innervations ni de ces mouvements, mais plutôt le produit de ces mouvements.

Cette manière d'envisager la perception (visuelle et tactile) de l'espace rappelle la théorie de LANGE[1] et de JAMES[2], d'après laquelle les émotions ne seraient pas la cause des mouvements « expressifs » mais qu'elles naîtraient de ces mouvements, plutôt comme effets. Nous tenons à relever cette similitude, sans y insister davantage.

Rappelons encore que c'est à des conclusions du même genre en somme qu'arrive REDDINGIUS, l'auteur récent qui a peut-être le plus profondément fouillé les questions de vision binoculaire, conclusions qu'il résume (voir plus

1. LANGE (C.). *Ueber Gemüthsbewegungen*. Leipzig, 1887.
2. JAMES (W.). *The principles of Psychology*. London, 1890, II, p. 449 ; voir aussi SERGI (G.). *Les Émotions*. Paris, Octave Doin, 1901.

haut p. 203) en disant que le « but » véritable de la convergence n'est pas tant la représentation de la distance que la limitation des photo-réactions somatiques.

XXXV. **Vision bi-oculaire détaillée d'un objet plus compliqué.** — Choisissons comme tel un cône tronqué (fig. 14) transparent, en verre, dont les arètes se marqueraient par une luminosité à part. Les deux yeux le regardant de haut en bas, le voient simple dans tous ses détails, et avec son relief exact. Supposons qu'ils fixent un point de la base. Celle-ci sera vue simple et localisée exactement, étant située approximativement dans l'horoptère. Nous disons approximativement, car l'horoptère n'est pas un plan, mais une ligne. Les différents points de la face du sommet forment des photo-réceptions non correspondantes, mais cela ne les empèche pas d'être localisés très exactement. La théorie psychique invoque ici des doubles images inconscientes. Il est vrai qu'on arrive à voir doubles les points du sommet, mais seulement en procédant de la manière indiquée à la page 189, notamment en couvrant les yeux alternativement, de façon à provoquer la vision radiaire,

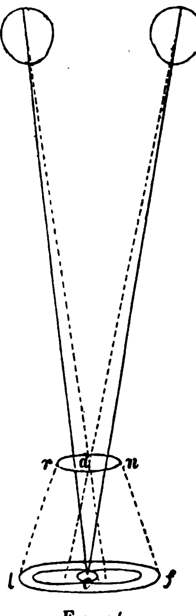


Fig. 14.

unioculaire, et à faire disparaître (p. 194) la vision bi-oculaire de distance, à exclure le fonctionnement du mécanisme nerveux de la vision bi-oculaire de distance. Mais alors le relief disparaît. Le doigt qu'on voudrait pousser à l'endroit d'un point du sommet n'y arriverait pas, au moins pas du premier coup.

Un coup d'œil bi-oculaire jeté sur l'objet nous le fait voir avec son relief, ou « stéréoscopiquement », comme on dit aussi. Mais l'impression des fins détails du relief, nous ne pouvons l'avoir que moyennant les deux foveæ. C'est pour cela, et non pour nous procurer des sensations musculaires, que nous laissons errer le regard bi-oculaire d'un point du cône (de la fig. 14) à l'autre, le long de sa hauteur, depuis la base jusqu'au sommet. La première impression bi-oculaire donne les gros contours de l'objet; les deux foveæ, les deux rétines nouvelles, en fouillent les détails, mais successivement aux divers endroits, et ces visions successives coexistent plus ou moins.

La véritable vision de la distance, dit Hering, se fait à l'aide de changements incessants de la convergence : la vision à l'aide du regard immobile est un état anormal que nous imposons à notre organe visuel, en vue d'expériences scientifiques. Chaque fois que nous « regardons » réellement, nous ne cessons de mouvoir nos yeux. — Cela est parfaitement vrai chez l'homme. Mais il ne faudrait pas en inférer que la vision du relief est impossible sans ces mouvements oculaires, et Bruecke notamment est allé trop loin en supposant ces mouvements absolument nécessaires à la perception de la distance et du relief. — Nous contestons aussi qu'à son origine phylogénique, la vision

bi-oculaire de la distance se soit faite moyennant les mouvements oculaires.

Vision de la distance absolue et de la distance relative. — Dans la vision bi-oculaire de la distance, il faut distinguer entre la vision de la distance absolue et celle de la distance relative. Nous avons dit que la première est assez imparfaite ; la seconde, au contraire, est d'une grande précision : nous savons si un point lumineux est plus près ou plus loin qu'un autre. Lorsqu'il ne s'agit pas de la vision de la distance d'un seul point, mais de celle d'un ensemble de points (distance absolue et distances relatives), on parle généralement de *vision stéréoscopique*.

XXXVI. **Vision dans le stéréoscope.** — Bien à distinguer de la « vision stéréoscopique » est la « vision dans le stéréoscope ». Celle-ci est une vision stéréoscopique dans des conditions absolument anormales, artificielles, à l'aide de photo-réceptions bi-oculaires ne provenant pas du même objet. Le principe en est réalisé dans l'expérience de la figure 5 (p. 198). Il suffirait à cet effet de placer sur la glace un ou plusieurs couples de points inégalement distants, et qui pourront eux aussi être vus simples, mais vus à des distances différentes, selon leur écartement sur la glace. — Rappelons aussi que le point unique, vu à l'aide des deux points *a* et *b* (fig. 5), est vu derrière la glace, à l'endroit pour lequel les deux yeux convergent, et qu'à côté de ce point bien localisé quant à sa distance, on en voit deux (chacun avec un autre œil) qui ne sont pas ou guère localisés quant à leur distance.

Revenons maintenant à la vision bi-oculaire d'un cône tronqué (fig. 14). A un moment donné, chaque œil pris isolément voit le cône d'un point de vue différent, et en reçoit une image perspective différente de celle de l'autre œil. S'ils fixent le centre *c* de la base du cône, l'image

perspective de l'œil droit est D (fig. 15), tandis que celle de l'œil gauche est G. Or, Weatstone a réalisé le problème suivant. Par un artifice, il obtient que chaque œil regarde son image à lui. Que par exemple chaque

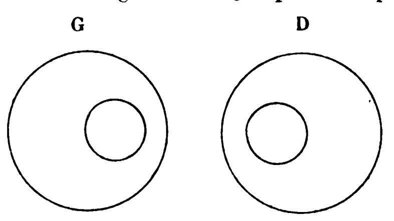


Fig. 15.

œil fixe un des points homologues, géométriquement semblables, des grands cercles représentant la base du cône. Les images rétiniennes des deux grands cercles seront approximativement congruentes (correspondantes), vues simples, et localisées très exactement (de par la convergence, comme on dit), derrière le plan du dessin, dans un plan passant par le point vers lequel convergent les deux yeux. Les images rétiniennes des petits cercles (du sommet), au contraire, ne sont pas congruentes ; mais elles

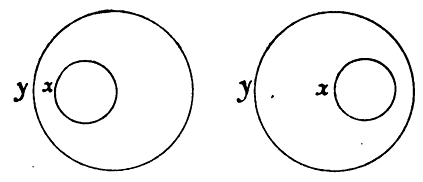


Fig. 16.

sont vues simples et localisées exactement en vertu de la vision de la distance à l'aide de photo-réceptions non correspondantes. Somme toute, on voit un cône tronqué, bien localisé, et avec son relief exact. — La figure 16 représente

de même une figure stéréoscopique d'un cône creux, dans l'intérieur duquel on regarderait par la base. — Les deux dessins G et D, I, de la figure 17 sont une vue stéréoscopique d'une pyramide tronquée, regardée par son sommet. Les dessins II de la même figure sont une vue stéréoscopique de la même pyramide, dans le creux de laquelle on regarde par la base.

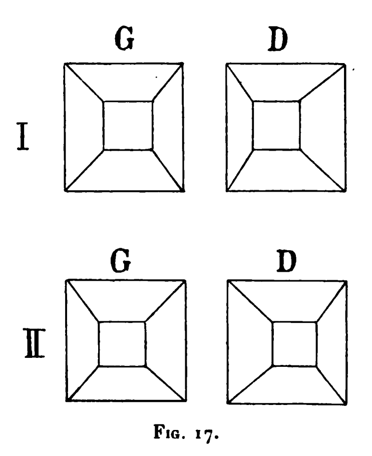


Fig. 17.

Les deux « images stéréoscopiques » fournissent dans les conditions indiquées les mêmes photo-réceptions que la vue de l'objet lui-même. — De plus, pendant qu'on regarde de cette manière la figure 16 par exemple, on se surprendra à laisser errer le regard, de façon à amener successivement en fixation les différents points correspondants des deux figures. Des points y et y' de la base, il se porte sur les points x et x' du sommet (situé plus loin). Or, à cet effet, l'œil droit doit exécuter un mouvement plus excursif que le gauche : la convergence diminue. Pendant que le regard bi-oculaire erre sur le dessin stéréosco-

pique, il survient les mêmes changements de convergence que s'il errait sur l'objet lui-même.

Weatstone a été le premier à imaginer une disposition permettant de voir stéréoscopiquement des vues stéréoscopiques. La figure 18 donne le principe du stéréoscope de Brewster, plus maniable et plus usité que celui de Weatstone. — En *o* et *m* sont placés les deux dessins stéréoscopiques du même objet, pris de points de vue un peu différents, écartés à peu près de la distance interoculaire. Chaque œil regardant le dessin qui lui correspond, c'est à peu près comme si les deux regardaient l'objet. Comme on éprouve de la difficulté à diriger les yeux parallèlement, pour regarder un objet qu'on « sait » très près de nous, on laisse les yeux converger, mais on place au-devant de chacun d'eux un prisme à base externe. Alors on arrive à voir les deux dessins *m* et *o* comme s'ils étaient superposés en *c*. On supplée à l'accommodation pour une distance aussi rapprochée en donnant à chaque prisme une surface convexe. Dans le stéréoscope de la figure 8, les deux verres *n* et *p* sont les deux moitiés d'une lentille sphérique, disposés de façon à produire les deux effets, le sphérique et le prismatique.

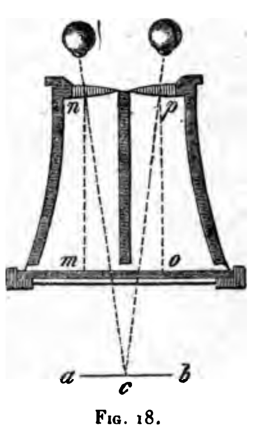


Fig. 18.

Dans ces essais de vision, il arrive qu'aucun détail des deux images ne forme des photo-réceptions correspondantes. Alors la vision stéréoscopique n'a pas lieu. Chaque œil voit radiairement, mais chacun d'eux voit deux images, c'est-à-dire qu'on en voit en tout quatre. En modi-

liant la convergence, on arrive tout d'un coup à voir le relief : deux des quatre images se sont rapprochées, puis brusquement elles se sont « fusionnées », comme on dit. Mais il reste les deux autres images, qui pourraient gêner ; et pour les supprimer, on place dans le stéréoscope un écran suivant le plan médian, qui empêche chaque œil de voir le dessin destiné seulement à l'autre œil.

On peut voir le relief d'un dessin stéréoscopique sans le secours d'aucun instrument, pourvu qu'on réussisse à mettre les deux yeux à peu près parallèles, de façon à ce que chacun regarde son image à lui. Et pour obtenir la netteté, il faut que les yeux soient myopes, ou bien qu'ils accommodent, ou encore qu'ils regardent à travers des verres positifs.

On peut aussi « fusionner », c'est-à-dire voir stéréoscopiquement des dessins stéréoscopiques avec un excès de convergence. On réalise alors le cas de la figure 6 (p. 199). Le dessin de la figure 15, regardé ainsi, donne toutefois l'impression d'une pyramide creuse, dans laquelle on regarderait par la base. — On peut donc voir stéréoscopiquement n'importe quelle vue stéréoscopique, avec un excès de convergence, mais il faut mettre à gauche la vue de droite, et *vice versa*. On voit alors plus près (et plus petit).

L'on sait qu'on obtient une vue stéréoscopique d'un objet quelconque en le photographiant deux fois, de deux points de vue différents, distants à peu près de la distance interoculaire. On constatera de l'une à l'autre de ces deux vues des incongruences du même genre que celles de la figure 16 par exemple, incongruences résultant de ce que les différents détails de l'objet ne sont pas situés dans le même plan. La perspective linéaire diffère de l'une à l'autre image.

XXXVII. **Associations des mouvements oculaires.** —

Avec Reddingius et Parinaud, nous voyons dans les mouvements oculaires des photo-réflexes. Avec Hering, Aubert, Parinaud et Reddingius, nous admettons que ces réflexes reposent sur des mécanismes nerveux congénitaux, que leur forme spéciale, le fait qu'ils s'exécutent conformément à la loi de Listing, est déterminé nerveusement à peu près comme la forme des mouvements de l'avant-bras sur le bras est déterminée par le mécanisme de l'articulation du coude. L'association si intime entre mouvements oculaires divers repose de même sur des mécanismes congénitaux. Telles sont l'association entre les mouvements des deux yeux, celle entre la convergence, la pupillo-constriction et l'accommodation du même œil, et enfin celle entre les mouvements fixateurs de la tête et ceux des yeux.

Helmholtz est d'avis que ni la forme générale des mouvements oculaires, ni les associations entre les divers mouvements oculaires, ne reposent sur des mécanismes nerveux congénitaux. Tout cela serait le résultat de l'expérience individuelle plus ou moins consciente.

Les mouvements ou *rotations de tout l'œil,* nous les avons décomposés en mouvements de direction et en mouvements de convergence. Les mouvements de direction purs sont toujours absolument bilatéraux, de même sens et égaux. Quant aux mouvements de convergence purs, ils sont également bilatéraux et égaux, mais de sens contraire. Les *mouvements d'accommodation* sont également bilatéraux et égaux, de même que la *pupillo-constriction* survenant dans la vision de près. Sous ces trois rapports, les deux yeux sont in-

nervés simultanément, comme s'il n'y avait qu'un seul œil (cylopéen). La physiologie aime à parler ici de trois centres uniques, ou encore de six centres (trois pour chaque œil) qui seraient reliés fonctionnellement deux à deux.

Il y a ensuite l'association entre divers mouvements du même œil. En général, nous ne pouvons pas converger pour une distance, sans accommoder pour elle ; de même l'accommodation est toujours accompagnée de convergence pour le même point, même chez le borgne. En même temps il y a pupillo-constriction. Ces trois réflexes sont simultanément provoqués : *a)* par des cercles de diffusion maculaires, et *b)* par une photo-réception bi-oculaire maculaire, mais non-fovéale et bi-temporale. Quelquefois on admet que c'est là un seul et même réflexe, sous la dépendance d'un seul « centre moteur ».

Selon que les auteurs étudient plus spécialement tel ou tel de ces mouvements oculaires, ils le considèrent comme résultat principal ou « but » de la photo-réception, et les deux autres comme rattachés, « associés » à lui, et comme plus accessoires. Le plus souvent, on étudie avec soin la convergence, et on dit l'accommodation associée à la convergence. Dans d'autres circonstances, on pourrait dire avec tout autant de raison que la convergence est associée à l'accommodation, par exemple lorsqu'on couvre un œil et qu'on rapproche de l'autre un objet (en sollicitant l'accommodation par les cercles de diffusion). Alors les deux yeux accommodent et convergent, bien qu'il n'y ait qu'une photo-réception monoculaire. La théorie psychologique invoque ici la repré-

sentation de l'objet à une distance rapprochée, représentation résultant de l'accommodation, et qui innerverait à son tour, par habitude, la convergence. En tous cas, cette théorie n'explique pas comment la même convergence se produit chez un borgne de naissance, et dont les globes oculaires (avec leurs muscles) sont bien développés.

La contraction pupillaire qui survient dans la vision de près est tantôt rattachée à la convergence, et tantôt à l'accommodation. Personne n'a songé à y rattacher, à y associer soit l'accommodation, soit la convergence. Cependant, chez un vieillard n'accommodant plus, mais chez lequel les cercles de diffusion provoquent la contraction pupillaire (d'où plus grande netteté des images rétiniennes), on pourrait songer à y associer la convergence en voyant que l'œil couvert (ou l'œil borgne) converge lorsqu'on rapproche un objet de l'œil découvert.

On a discuté la nature de l'association entre les mouvements oculaires, notamment en étudiant les mouvements oculaires du nouveau-né, puis en analysant la vision et les mouvements oculaires chez les aveugles de naissance qui ont acquis la vision à l'âge adulte, et enfin en étudiant l'élasticité dans les associations entre mouvements oculaires.

XXXVIII. **Mouvements oculaires du nouveau-né.** — Si la forme et les associations des mouvements oculaires résultaient de l'éducation individuelle, il faudrait trouver trace évidente de leur indépendance chez le nouveau-né. Or, lors des premiers essais visuels

du nouveau-né, on ne trouve pas la moindre trace d' « essais » préalables à l'expérience individuelle tant invoquée.

Les yeux des nouveau-nés exécutent presque exclusivement des mouvements de direction bilatéraux et égaux, en haut, en bas, à droite, etc. Exceptionnellement on a signalé les tout premiers jours quelques rares mouvements asymétriques, par exemple un œil tourné plus en haut que l'autre. Dès les premiers jours on constate aussi, comme chez l'adulte, l'association intime entre les mouvements des yeux d'une part, le relèvement de la paupière et les mouvements de la tête d'autre part. — Néanmoins une lumière promenée dans la périphérie du champ visuel du nouveau-né ne provoque aucun mouvement oculaire de direction, ni les mouvements (fixateurs) de la tête. C'est qu'à la naissance, seule la fovea fonctionne ; le champ visuel s'étend ensuite, mais il lui faut des mois avant qu'il atteigne son étendue normale (CUIGNET, PREYER[1]). A la naissance, seul le faisceau fovéal du nerf optique est myélinisé et en état de fonctionner (FLECHSIG).

Les mouvements de convergence sont très tardifs à se montrer, et surtout à bien s'établir, même pour un objet amené contre les lignes visuelles. Il ne faudrait pas y voir simplement le résultat du défaut de toute expérience individuelle. La raison en est certainement qu'à la naissance, l'appareil visuel n'a pas achevé son développement.

1. CUIGNET. *Ann. d'Ocul.*, 1871, p. 117. — PREYER. *L'âme de l'enfant*, Paris, Alcan, 1887.

Avec deux champs visuels à peu près punctiformes, une lumière pourra difficilement produire deux photo-réceptions bi-temporales sur des endroits rétiniens fonctionnant déjà. Les cercles de diffusion fovéaux devraient à la vérité provoquer et l'accommodation et la convergence ; mais il est probable que pendant des semaines encore après la naissance, cela n'a pas lieu parce que les voies ou les centres réflexes de ces actions n'ont pas encore achevé leur développement. Ce développement une fois achevé, les divers photo-réflexes sur les yeux s'établiront rapidement, n'exigeant qu'une très courte mise en train. Le vol de l'oiseau et celui de l'abeille, mouvements réflexes s'il en fût, ne sont pas non plus, dès le premier essai, réglés visuellement à la perfection.

Nous estimons qu'il ne saurait guère être question d'états de conscience visuelle chez le jeune enfant avant qu'il se soit produit chez lui des photo-réactions somatiques (des bras par exemple). Imprécis d'abord, les états de conscience visuelle se préciseront graduellement avec les photo-réactions somatiques.

XXXIX. **Élasticité dans les associations entre mouvements oculaires.** — Nous accommodons pour le point fixé, et nous convergeons pour la distance pour laquelle nous accommodons ; généralement nous ne pouvons nous empêcher de faire l'un sans l'autre.

Mais un point fixé bi-oculairement continue à être vu nettement si on le regarde à travers des prismes de quelques degrés placés avec les bases nasales ou temporales. Dans le premier cas, la convergence nécessaire à la vision simple a diminué, dans le second elle a augmenté, et néanmoins l'accommodation n'a pas varié. — De même un point (ou un objet) continue à être vu nettement et simple si on le regarde



des deux yeux à travers des verres positifs ou négatifs, qui nécessitent un changement de l'accommodation tout en ne modifiant pas la convergence. — Pour une même distance du point fixé bi-oculairement, un hypermétrope doit accommoder plus, un myope doit accommoder moins qu'un emmétrope ; une personne plus âgée doit accommoder plus, c'est-à-dire contracter son muscle ciliaire plus qu'une personne plus jeune.

Les faits précédents révèlent donc dans la liaison entre le degré de la convergence et celui de l'accommodation un manque de fixité que la théorie psychique de la vision s'est empressé d'utiliser en sa faveur. — Helmholtz considère notamment l'association entre la convergence et l'accommodation comme tout à fait acquise dans la vie individuelle, à la suite d'un jugement qui aurait démontré l'éminente « utilité pratique » de cette association. — Hering relève à ce propos avec raison que le fait d'être plus ou moins modifiables ne prouve aucunement que ces associations ne reposeraient pas sur des mécanismes congénitaux. On n'aurait que l'embarras du choix en citant des exemples d'actes purement réflexes, mais modifiables.

Au fur et à mesure qu'on pousse davantage l'analyse physiologique de ces modifications dans les associations oculaires, on en découvre le déterminisme physiologique. C'est ainsi que la plus faible accommodation de l'œil myope, et la plus forte de l'œil hypermétrope pour une même convergence s'explique en partie au moins sans le secours d'une modification des innervations, mais grâce à l'atrophie relative du muscle ciliaire chez le myope, et son hypertrophie chez l'hypermétrope (Iwanoff [1]), d'où

1. Ywanoff. *Arch. f. Ophthalm.*, 1869, XV, 3, p. 284.

que le pouvoir accommodateur est moindre chez le myope, plus fort chez l'hypermétrope (FROMAGET et BORDIER[1]). Une même innervation accommodative produit chez le premier un changement dioptrique plus fort que chez le second. De même aussi une même innervation motrice développe chez le forgeron une flexion de l'avant-bras plus forte que chez le tailleur.

Pour ce qui est de l'effet produit par des lunettes prismatiques ou sphériques sur le degré d'accommodation qui accompagne une convergence donnée, il se confirme de plus en plus qu'un changement survenu dans la convergence n'est pas toujours dû à une modification de la contraction des muscles droits internes, mais quelquefois à une modification de l'état contractile des muscles droits externes. Dès lors, en supposant que l'accommodation soit associée, non à la convergence en général, mais seulement à celle qui est due aux muscles droits internes, il pourra se faire que la convergence se modifie sans modification parallèle de l'accommodation, et vice versa. Pour cette question et d'autres analogues, nous renvoyons au livre de REDDINGIUS.

XL. **L'œil qui se meut est un organe réceptivo-moteur (senso-moteur).** — Tous les mouvements oculaires s'exécutent d'après le plan général qui préside aux mouvements congénitaux les plus divers. La circulation, la respiration, la phonation, la marche, la préhension des aliments, etc. sont excités, ou au moins réglés en voie d'exécution, et dans leurs moindres détails, par des réceptions incessantes. Les contractions du cœur et la respiration sont réglées par des innervations non conscientes provenant de ces organes.

L'équilibre du corps est constamment surveillé par les

1. FROMAGET et BORDIER. *Arch. d'Ophtalm.*, 1897, p. 601.

innervations inconscientes procédant du vestibule de l'oreille (sens de l'équilibre). En cas de surdité ou d'anesthésie du larynx, la voix n'est plus proférée, ou elle devient anormale. Un mouvement de préhension du bras serait arrêté en voie d'exécution, à l'instant même où l'organe viendrait à être privé des réceptions inconscientes dites du sens musculaire. L'âne auquel Ch. Bell avait sectionné le nerf sous-orbitaire, nullement moteur, faillit mourir d'inanition, parce que les mouvements de la lèvre supérieure, pour la préhension des aliments, étaient privés de leur régulation par les tango-réceptions. Ce sont autant d'exemples de régulation de mouvements excités par des réceptions autres que celles qui les règlent lorsqu'ils sont en voie d'exécution. La mixtion, la défécation, la toux, l'éternuement, etc. sont des exemples de mouvements excités par des réceptions dans des organes internes. — On donne aujourd'hui le nom d'organes excito-moteurs ou senso-moteurs aux organes animés de tels mouvements. Le nom « excito-moteur » est par trop général. Celui de « senso-moteur » implique la notion d'une sensation comme cause du mouvement. « Réceptivo-moteur » conviendrait mieux. — Les réceptions régulatrices sont les unes franchement inconscientes, les autres plus ou moins conscientes. Mais le fait d'être réglé par une innervation (centripète) consciente n'enlève en rien au mouvement son caractère réflexe. D'ailleurs, s'il y a conscience, elle est souvent tellement vague, obtuse, qu'avec la meilleure volonté on ne saurait y voir la cause du mouvement exécuté.

Les photo-réflexes sur les yeux (et la tête) sont incités et réglés en voie d'exécution par des photo-réceptions. Le fait que ces photo-réceptions deviennent souvent conscientes n'enlève aucunement leur nature réflexe aux mouvements qu'ils provoquent ou règlent, pas plus que la sensibilité consciente de la cornée et de la conjonctive

n'abolit la nature réflexe du clignotement, pas plus que la sensation visuelle concomitante ne fait du réflexe rétino-pupillaire un mouvement volontaire. D'ailleurs nous avons relevé l'inconscience absolue de ces mouvements oculaires. Il est vrai que les auteurs psychologants à outrance ont ici la ressource des « sensations inconscientes » ! — Si nous recherchons ailleurs des analogies avec les mouvements oculaires, nous en voyons un typique dans les contractions du muscle du marteau : contractions réflexes, incitées par des sono-réceptions ; c'est un sono-réflexe sur l'oreille qui modifie probablement les sono-réflexes sur le corps.

Les photo-réflexes (fixateurs) sur l'œil, et les mouvements oculaires en général, ne paraissent pas être réglés par les tango-réceptions conjonctivales, ni surtout par des innervations dites du sens musculaire.

LA VISION ET LA VOLONTÉ

Il est temps d'envisager la volonté dans ses rapports avec la vision. Car enfin, comme on dit, nous pouvons volontairement : *a)* regarder en haut, en bas, à droite, etc. ; nous pouvons volontairement converger. D'autre part, nous pouvons volontairement *b)* saisir ou ne pas saisir un objet que nous voyons. — Il y a 1° les photo-réactions oculaires volontaires, et 2° les photo-réactions somatiques volontaires. Le plus souvent, les auteurs ne parlent que des premières. Et cependant, les secondes sont au moins aussi importantes ; elles sont le véritable but des photo-réceptions.

Il est bien entendu que nous sommes loin de l'idée que le vulgaire et une certaine psychologie « intérieure » se

font de la volonté et des « mouvements voulus ». Nous renvoyons à ce sujet aux articles remarquables « la volonté » et « le mouvement », de cette collection[1], dont les auteurs cependant se sont placés sur le terrain de l'observation intérieure.

Nous nous trouvons surtout en communion d'idées avec Ribot[2], lorsqu'il dit que « la volition, que les psychologues intérieurs ont si souvent observée, analysée, commentée, n'est donc pour nous qu'un simple état de conscience. Elle n'est qu'un effet de ce travail psycho-physiologique, tant de fois décrit, dont une partie seulement entre dans la conscience sous la forme d'une délibération. De plus, elle n'est la cause de rien. Les actes et les mouvements qui la suivent résultent directement des tendances, sentiments, images et idées qui ont abouti à se coordonner sous la forme d'un choix. C'est de ce groupe que vient toute l'efficacité... En d'autres termes, le travail psycho-physiologique de la délibération aboutit d'une part à un état de conscience, la volition, d'autre part, à un ensemble de mouvements ou d'arrêts. Le *je veux* constate une situation, mais ne la constitue pas ». — Il faut ajouter que par « travail psycho-physiologique », Ribot entend en réalité le travail physiologique, le processus nerveux central ; que par « tendances, sentiments, images et idées », en tant que facteurs dans ce travail physiologique, il entend les états nerveux, les innervations correspondantes ; et qu'enfin, comme nous l'avons vu en divers endroits, ces « tendances » souvent n'existent pas du tout comme états de conscience, bien qu'on parle alors de tendances et de sensations incon-

1. Paulhan (Fr.). *La Volonté*, Octave Doin, 1903 ; Woodworth. *Loc. cit.*

2. Ribot. *Les maladies de la volonté*, 3e édit. Paris, 1885. p. 175.

scientes. Dès lors ce passage de RIBOT exprime en substance notre manière d'envisager les choses.

Pour le physiologiste, *la volonté motrice ne peut être qu'un épiphénomène psychique particulier d'une innervation qui sort ou qui tend à sortir de l'écorce cérébrale pour aller vers les muscles de la vie de relation.* Les innervations des muscles des organes viscéraux — et l'œil en est un — ne sont pas accompagnés de cet état de conscience.

Plus d'un physiologiste psychologant (WOODWORTH notamment), tenant plus ou moins compte des faits par trop évidents, renonce à laisser la volonté (psychique) disposer « à volonté » de nos fibres nerveuses et de nos muscles ; il accorde que ce qui serait « voulu », ce ne seraient pas les contractions de tels ou de tels muscles, mais le mouvement total, « calculé en vue d'un but conscient à atteindre ». — Dans la question qui nous occupe, le but à atteindre serait la vision nette ou bien la vision simple.

Dans le même ordre d'idées, on accorde souvent que la forme générale et les associations des mouvements oculaires reposent sur des mécanismes nerveux congénitaux, résultat de l' « expérience ancestrale ». On préfère ce terme psychologant à la locution physiologique « évolution naturelle ». — Seulement ces mécanismes seraient mis en branle par la représentation psychique de l'objet visuel.

Ces divers raisonnements, d'autres encore (voir WOODWORTH) nous ramènent donc toujours et invariablement à la représentation psychique d'un objet visuel comme cause des mouvements oculaires voulus. — D'autre part les mêmes auteurs invoquent, dans des circonstances un peu différentes, les mouvements oculaires comme cause directe de la représentation visuelle. Nous avons déjà relevé la « réversibilité » merveilleuse, mais suspecte, des raisonnements psychologants « en vision »,

et nous en verrons un autre exemple remarquable à propos de l'appréciation de la grandeur visuelle. Ne doit-on pas soupçonner au moins que cette « causalité réversible » tient à ce que l'un et l'autre phénomène serait lié à un *tertium* inconnu ou ignoré plus ou moins volontairement. Ce tertium, c'est précisément le processus nerveux photo-réacteur sur le corps.

Nous voulons bien de la « représentation visuelle » comme motif des mouvements oculaires indiqués, pourvu qu'on entende par là, non l'état psychique, mais l'innervation dont il est l'épiphénomène. En physiologie du cerveau, on emploie aujourd'hui couramment en ce sens le terme de « représentation », celui d' « image », etc. Mais il est trop évident qu'en ce faisant on n'évite pas toujours les inconvénients d'un terme psychique appliqué à des processus physiologiques.

Nous prétendons que si une « représentation », une « image cérébrale » visuelle innerve un mouvement oculaire, c'est qu'elle consiste précisément dans le processus nerveux ou dans la « cérébration » qui habituellement est provoquée par des photo-réceptions réelles.

Dans les pages précédentes, nous avons envisagé les cas où cette « image «, cette cérébration, est provoquée par des photo-réceptions réelles. Elle peut aussi être provoquée sans photo-réception réelle. Mais n'importe de quelle manière elle soit produite, elle donne naissance, ou tend à donner naissance à un mouvement du corps ; d'autre part elle est accompagnée de l'état psychique en cause, de la représentation visuelle, et enfin, elle provoque généralement — mais pas toujours — l'innervation (inconsciente) d'un mouvement oculaire. Tout se passe comme s'il y avait des photo-réceptions.

Ce processus nerveux, cette « image cérébrale visuelle », provoquée autrement que par une photo-réception actuelle, n'est pas cependant surgie du néant. Elle a été

réveillée par les procédés généraux de l'association cérébrale, soit par une réception actuelle (une sono-réception par exemple), soit par une réception plus ou moins éloignée dans le passé, et moyennant la mémoire visuelle.

Mémoire visuelle. — Physiologiquement, la mémoire visuelle est la reproduction, par voie d'association, d'une innervation visuelle qui a été une première fois provoquée par une photo-réception (voir aussi les volumes « Mémoire » et « Cerveau » de cette collection).

L'attention visuelle (voir l'article « Attention » dans cette Encyclopédie). — La notion de l'attention joue aussi un rôle considérable en vision corporelle. Une variation de l'éclairage rend une photo-réception efficace. Voilà un fait d'attention, très répandu chez les animaux inférieurs déjà (p. 43), mais fréquent chez l'homme aussi. Une variation de l'éclairage provoque une photo-réception plus efficace qu'un éclairage constant. Cette attention consiste en un processus exclusivement physiologique, qui explique notamment l'efficacité d'une moto-réception, et cela sans le secours de facteurs psychiques tels que la « curiosité », la « tendance à la vision nette », etc., etc. — L'attention peut aussi être un acte dit de « volonté », qui modifie le système nerveux de façon qu'une excitation (visuelle) prend maintenant dans les centres nerveux un chemin qu'elle n'aurait pas pris sans cela, ou qui fait qu'une excitation devient maintenant efficace alors que sans cela elle ne l'aurait pas été. Cette « volonté » elle-même peut, dans la plupart des cas, être ramenée à des dimensions physiologiques, pour l'analyse desquelles nous renvoyons à l'article « Attention », dans cette collection. Dans beaucoup de ces circonstances, il s'agit de faits physiologiques compris par EXNER[1] sous

1. EXNER (S.). *Physiol. Erklärung der psychischen Erscheinungen*. Leipzig, 1894.

le terme générique de « Bahnung » (voir aussi à ce sujet Woodworth, p. 352).

Un effet intéressant de l'attention visuelle a été observé par Haab[1]. Pendant qu'on fixe un point, on approche un corps lumineux, par exemple une feuille de papier dans la périphérie du champ visuel. Il survient un rétrécissement pupillaire, lorsqu'on porte son attention sur le papier, sans modifier la fixation.

XLI. **Des divers mouvements oculaires volontaires.** — 1° Nous avons d'abord les mouvements de direction volontaires, exécutés par exemple sur les commandements de « regardez en haut, en bas, à droite, etc. ». Tout oculiste sait que la plupart du temps les enfants, et même les adultes, ne savent pas exécuter ce commandement, malgré la meilleure « volonté ». Mais ils y arrivent lorsqu'en même temps on montre de la main le haut, le bas, la droite, etc. C'est-à-dire lorsque le regard est guidé par une photo-réception (rendue au surplus efficace par l'attention éveillée moyennant la sono-réception du commandement), ou bien lorsqu'on leur dit « regardez le plafond, le plancher, la porte, etc. ». Dans le dernier cas, une sono-réception réveille par association l'image cérébrale de ces objets. — A force d'exécuter ces mouvements, on parvient à les produire sans aucun de ces secours. Mais au fond de ce mouvement volontaire gît toujours l'image visuelle cérébrale ; elle est seulement réveillée par une association physiologique moins évidente.

De tous les mouvements oculaires de direction, le dernier semble avoir le plus de droits au qualificatif

1. Haab. Cité par Reddingius, *loc. citat.*, p. 16.

de « volontaire ». On nous accordera au moins qu'il est exceptionnel, ne joue qu'un rôle effacé en vision, et ne se produit presque jamais chez une foule d'individus. — Avons-nous besoin d'ajouter que si un bruit, un appel, provoque le mouvement oculaire de direction, il n'est pas plus volontaire que le photo-réflexe fixateur.

2° Les mouvements de convergence volontaires, sans photo-réception qui les sollicite, sont encore plus exceptionnels que les mouvements de direction du même genre. — Beaucoup de personnes peuvent loucher très fort en dedans, c'est-à-dire converger vers un point fort rapproché. Mais le plus souvent on n'y arrive qu'en « voulant regarder la racine du nez », c'est-à-dire qu'il s'agit d'une photo-réception réelle, rendue un peu plus efficace par un processus cérébral (d'attention). — Ici rentrent également les expériences des figures 5 et 6 (pp. 198 et 199). A force de nous exercer, nous arrivons à converger pour une distance plus rapprochée ou plus éloignée qu'un point réel sur la glace *a b*. Mais qu'on essaye ! Ce sera longtemps, et peut-être pour toujours impossible, sans le secours d'un point réel placé à l'endroit voulu et qu'on enlève ensuite. Et alors malgré toute notre volonté, nous ne maintiendrons pas cette convergence, à moins que moyennant deux points dessinés sur la glace nous produisions deux photo-réceptions identiques à celles que produirait un point situé à l'endroit imaginaire. Sans le secours d'une photo-réception spéciale, ce mouvement de convergence est impossible.

3° Une troisième espèce de mouvements oculaires

volontaires sont les mouvements iconoptiques : nous « voulons » regarder les détails d'un passage, ceux d'un tableau; nous « voulons » lire. Ce cas ne nous arrêtera guère, car il est par trop évident que sans photo-réceptions correspondantes, ces mouvements ne s'exécuteraient pas. Et ils ont lieu par un acte d' « attention » porté successivement sur les divers détails visuels coexistants.

Lorsque nous regardons successivement les détails iconiques d'un objet visuel, nous le faisons en vertu d'une représentation cérébrale visuelle qui consiste dans l'innervation de multiples photo-réflexes somatiques, par exemple du mouvement du doigt qui se porte successivement sur les détails de l'objet visuel, et dont l'épiphénomène psychique est la représentation visuelle (psychique) de l'objet. Ni les mouvements de convergence nécessaires à cet effet, ni leur innervation, n'ont rien à voir directement avec la représentation de la direction ou de la distance ; ils n'influent qu'indirectement sur cette représentation, en tant qu'ils modifient les réflexes somatiques, qui, bien entendu, souvent n'évoluent pas jusque dans leur terme ultime, musculaire (p. 228).

Lorsque nous regardons « volontairement » à droite, à gauche, de près, etc., l'innervation cérébrale qui y préside, c'est-à-dire l'image ou la représentation visuelle, ne consiste pas seulement dans l'innervation de la convergence, mais en une innervation somatique, qui le plus souvent n'aboutit pas à son terme musculaire. C'est une phase relativement avancée de cette innervation qui devient consciente sous forme de représentation psychique de direction, de vision de la distance. L'innervation de

la convergence n'est qu'une partie intégrante de cette innervation cérébrale ou « image cérébrale ».

Rappelons ici la déviation conjuguée des yeux et de la tête, produite par l'excitation du labyrinthe. Les yeux se dévient dans la direction où tend à se produire un mouvement, forcé également, de tout le corps. Le mouvement oculaire fait partie de la motricité totale éveillée par l'excitation du labyrinthe. Il y a beau temps qu'on voit dans tout cela des réflexes (des stato-réflexes), pouvant, à la vérité être accompagnés d'une certaine représentation du monde extérieur (notion haut et bas, etc.). Mais cette représentation est l'épiphénomène psychique du stato-réflexe somatique, et non du stato-réflexe oculaire.

Voudrait-on parler de mouvements oculaires volontaires lorsque nous faisons de la tête de rapide mouvements de négation, pendant que le regard reste fixé, collé sur l'objet de notre attention ? Nous n'avons aucune conscience des changements incessants et rapides survenant dans l'état de contraction de tous nos muscles oculaires.

Mouvements oculaires volontaires d'un aveugle de naissance. — En cas de cécité congénitale ou de cécité datant de très loin, les globes oculaires et leurs muscles étant normaux, les mouvements oculaires dits volontaires font en sommes défaut. En apparence spontanément, les deux yeux exécutent quelques vagues mouvements parallèles, on dirait des mouvements de direction ; mais personne n'y voit quelque chose de « volontaire ». Sur commandement « regardez à droite, en haut, etc. », il ne survient généralement pas de mouvement oculaire, malgré la meilleure volonté de l'aveugle, sinon à la suite de tangoréceptions (par exemple si on frappe sur sa main soulevée).

XLII. Mouvements visuels somatiques volontaires.

— Si nous exceptons les mouvements héliotropiques ou d'attaque (p. 142) et les réactions à des variations de l'éclairage ou moto-réactions somatiques visuelles, tous mouvements franchement réflexes, il n'y a guère de mouvements somatiques excités par nos photo-réceptions. Mais généralement on donne le nom de mouvements visuels volontaires du corps à des mouvements incités autrement, et réglés visuellement. La marche, l'écriture, etc., sont de ce nombre. Or, une analyse un peu pénétrante de ces actes, en tant que visuels, démontre qu'il s'agit là de régulations visuelles réflexes et automatiques (pp. 244 et suiv.) de mouvements, comparables à la régulation réflexe des mêmes mouvements par les stato-réceptions et par les réceptions musculaires.

La circonstance que les photo-réceptions deviennent souvent (mais pas toujours) conscientes n'efface pas le caractère réflexe de ces régulations visuelles. En tant qu'ils sont des photo-réactions, ces mouvements somatiques ne peuvent certainement pas être qualifiés de volontaires.

Naturellement, il ne s'agit pas là de réflexes simples, comparables par exemple au réflexe rétino-pupillaire, provoqué par l'éclairement de la rétine. Cependant ils sont loin d'avoir la complication des réflexes psychiques de Ch. Richet[1], et dont Paulhan parle à la page 7 du volume « Volonté ». — L'espace nous manque pour insister sur la distinction entre les photo-réflexes somatiques congénitaux, tels que la marche, et les photo-réflexes

1. Ch. Richet. Les réflexes psychiques, in *Revue philos.*, 1888, t. I.

acquis dans la vie individuelle, tels l'écriture, le piano, etc.

XLIII. **Les représentations visuelles sont toutes motrices.** — Dans notre manière de voir, le processus nerveux cérébral provoqué par une photo-réception mérite le titre de représentation visuelle, au même titre que ce même processus lorsqu'il est reproduit, suscité à nouveau par voie d'association cérébrale, sans le secours d'une photo-réception actuelle. C'est à cette cérébration qu'on donne le nom d'image ou de représentation visuelle. De plus, c'est à cette innervation cérébrale, et non à l'innervation des mouvements oculaires, qu'est rattaché le fait psychique de la représentation visuelle.

C'est en ce point fondamental que notre manière de voir se distingue de celle des auteurs qui ont senti la nécessité d'expliquer physiologiquement les phénomènes visuels. Hering lui-même rattache en effet directement à la convergence la vision de la distance.

Il est essentiel de ne pas perdre de vue le caractère somato-moteur de ces images visuelles. — Nous avons à satiété démontré la motricité somatique des images cérébrales visuelles provoquées par une photo-réception actuelle. Chez l'homme adulte surtout, souvent une photo-réception n'est pas suivie d'un mouvement somatique, alors que, d'après nos prémisses, toutes les conditions semblent réunies pour que ce mouvement se produise. L'enfant non éduqué se dirige vers tout objet visuel (réunissant les conditions qui le rendent « visuel » (p. 150). Et si plus tard il ne le fait plus, c'est pour le même motif,

tout physiologique, qui fait qu'un chien « dressé » ne court plus derrière le gibier « au départ ».

La motricité des « images cérébrales visuelles[1] » réveillées par association est souvent moins évidente. Cependant, elle ressort d'une foule d'observations dont voici quelques-unes. — Il y a d'abord le maintien somatique de l' « attention visuelle », si caractéristique, et qui doit être envisagé comme un effet moteur que l'image visuelle cérébrale produit sur tout le corps (tonus musculaire visuel). C'est une réaction somatique à son début, qu'une frénation cérébrale empêche d'évoluer tout à fait. — L'homme « démonstratif », qui en parlant de la droite, du haut, du bas, désigne de la main et du bras ces côtés, ne le fait généralement pas pour démontrer à son auditoire ce qu'il entend dire ; il en agit ainsi parce qu'il a des images cérébrales, et que ces images sont motrices. Et bien souvent, ces images sont visuelles pour une large part.

Des faits à signaler à ce point de vue sont ceux de « *Cumberlandisme* », et dont une forme est la suivante. Une personne doit, les yeux ouverts, penser constamment à un objet de l'entourage, pendant qu'une autre, ayant les yeux bandés, la conduit circulairement dans l'appartement : la seconde *sent* que la main de la première la guide vers l'objet en question. Ou bien, la première doit penser mentalement à un des chiffres, 1, 2, 7, 0 par exemple, écrits ou non sur un tableau. La seconde personne, en mouvant la main de la première sur un tableau, *sent*

1. Voir aussi Woodworth. *Loc. cit.*, p. 268 et suiv.

que cette main tend à décrire le chiffre auquel la première personne pense[1]. — D'autres observations encore pourraient être alléguées pour prouver que toute image cérébrale visuelle (comme du reste n'importe quelle image cérébrale) est de son essence motrice, et qu'elle occasionne un commencement de contraction musculaire, au moins une augmentation de la tonicité musculaire.

XLIV. **Observations faites sur les aveugles de naissance qui ont acquis la vision plus tard, à la suite d'une opération.** — Les observations faites sur les aveugles de naissance qui ont acquis la vision plus tard, à l'âge adulte, ont été beaucoup utilisées pour discuter le problème fondamental de la perception visuelle de l'espace.

D'après les partisans de la théorie empirique, les expériences individuelles et les jugements visuels dont on fait un usage si étendu, seraient devenus inconscients à force d'avoir été répétés, et malheureusement, plus tard l'enfant ne se souviendrait pas des sensations éprouvées lors de ses premiers essais visuels. Un adulte, au contraire, qui vient d'acquérir la vision, pourrait nous rendre compte de ce qu'il éprouve lors de ses premiers essais visuels.

Or, lors de leurs premiers essais visuels, ces gens ne reconnaissent aucun objet, aucune personne qui leur sont connus de par leurs autres réceptions (tango-sono-réceptions). Ce n'est qu'après avoir tâté à plusieurs reprises un objet familier, tel un couteau, une boule ronde, etc., qu'on présente à leurs yeux, qu'ils parviennent à les re-

1. Voir à ce sujet : Woodworth. *Loc. cit.*, p. 283 et suiv.; Jastrow. *Amer. Journ. of Psychol.*, 1892, IV, 398 ; Tucker. *Ibid.*, 1896, VIII, p. 394 ; Richet (Ch.). *C. R. Soc. biol.*, 1884, p. 365 ; Varigny. *Ibid.*, p. 381, et Gley. *Ibid.*, p. 450.

connaître à la vue. Ils n'apprécient pas les distances ; comme des enfants, ils veulent saisir de la main des objets éloignés, etc. Cependant, dès leurs premiers essais visuels, ils distinguent assez bien les directions dans lesquelles se trouvent les objets visuels qui fixent leur attention.

La théorie empirique a utilisé en sa faveur la non-reconnaissance des objets familiers que ces gens voient pour la première fois. Pour ce qui est de la vision de direction, qui existe lors des premiers essais, et qui semblerait donc être innée, les partisans de cette théorie (Helmholtz, etc.) répondent que le plus souvent, ce sont là des cataractés, chez lesquels de gros objets formaient une ombre sur la rétine, et que par conséquent avant l'opération ces gens ont pu faire les expériences individuelles nécessaires.

La théorie nativiste de son côté peut faire valoir qu'il est tout naturel que l'aveugle-né ne « reconnaisse » pas un objet à la vue, lors du premier essai visuel ; que « reconnaître » est un processus cérébral des plus compliqués, qui suppose des innervations cérébrales antérieures multiples, visuelles notamment. Pour ce qui est de l'appréciation de la distance, elle doit être en somme défectueuse, parce que ce sont généralement des borgnes dépourvus d'accommodation ; les deux moyens principaux et les plus immédiats pour déterminer la distance leur font donc défaut. Ensuite il est naturel que le bon fonctionnement de tout appareil congénital — celui du vol chez l'oiseau par exemple — exige une courte « mise en train ».

Schlodtmann[1] a récemment examiné des aveugles de naissance dont la rétine fonctionnait encore dans toute son étendue, mais chez lesquels le trouble des milieux oculaires était tel qu'une source lumineuse quelconque

1. Schlodtmann (W.), *Arch. f. Ophthalm.*, 1902, t. LIV, p. 256.

éclairait uniformément toute la rétine (ou ne l'éclairait pas du tout). Ils n'avaient donc pu faire les expériences touchant la direction visuelle dont il est question plus haut, en cas de cataracte congénitale. Or, ces sujets localisaient énergiquement les phosphènes par compression exercée sur l'équateur oculaire, et ils les localisaient normalement, c'est-à-dire à l'opposé du point oculaire comprimé. — En supposant que l'observation soit exacte, qu'avant l'opération toute source lumineuse éclairait uniformément la rétine, ce serait là une preuve péremptoire en plus contre la théorie empirique de la vision, et en faveur de l'innéité de la projection visuelle radiaire ; elle démontrerait aux yeux des plus prévenus que la projection radiaire est d'emblée et primitivement liée au processus nerveux provoqué par l'excitation de la rétine.

XLV. **Résultats des recherches (anatomiques et physiologiques) portées directement sur le cerveau.** — Les développements précédents ont été obtenus en somme par l'analyse seule des faits de vision, et en nous aidant de quelques notions très générales sur la physiologie cérébrale. L'anatomie du cerveau, ainsi que l'expérimentation physiologique portée directement sur les centres nerveux, auront à fixer avec précision les innervations dont nous venons de parler. Et dans cette voie, on n'est pas sans être arrivé à des résultats sérieux, dont l'exposé empiéterait toutefois trop sur le volume « Cerveau ». Nous aurions à préciser les parties du cerveau dont la conservation est nécessaire, mais suffisante, pour l'exécution des réflexes de direction et de ceux de convergence. Nous aurions à distinguer entre le *centre visuel* cortical dit *de projection* et ceux *d'association*, et à les localiser. Nous aurions tout spécialement à insister sur ce fait qu'arrivé dans le centre visuel de projection, l'influx nerveux (issu de la rétine) ne se borne pas à y provoquer une cer-

taine sensation visuelle, mais qu'il passe toujours dans les centres visuels d'association, où il éveille l'une ou l'autre forme de représentation psychique visuelle ; qu'enfin il tend toujours à sortir des centres d'association et à s'élancer vers des nerfs moteurs. — A propos des centres visuels d'association, nous serions conduits au symptôme pathologique connu sous le nom d'*alexie* ou de *cécité verbale*, et à celui de l'*agraphie*. Nous serions conduits ensuite à la *cécité de l'âme* et aux *hallucinations visuelles*. De multiples et intéressantes questions encore devraient être envisagées, toutes relatives aux « centres visuels corticaux » et sous-corticaux, et dont plusieurs sont à peine posées d'hier.

Moyens pour apprécier visuellement la distance autres que l'accommodation et les photo-réceptions bi-oculaires.

Il n'y a pas que l'accommodation et les photo-réceptions bi-oculaires qui servent à la vision de la distance. Il nous reste à parler de cinq autres « moyens » d'appréciation de la distance (voir p. 177), et nous allons les passer rapidement en revue dans le langage psychologant généralement usité, réservant pour la fin quelques remarques qui font au moins pressentir qu'ici encore il y aurait moyen d'envisager les choses à un point de vue exclusivement physiologique. Ces cinq « moyens » de vision de la distance ont ceci de commun qu'ils sont utilisables à de grandes distances, pour lesquelles l'accommodation et les photo-réceptions bi-oculaires (la convergence, etc.) ne sont plus guère d'aucune utilité. Plus que les trois déjà étudiés, ils reposent sur l' « expérience indivi-

duelle ». Faisons observer aussi qu'ils servent dans la vision monoculaire.

1° *L'angle visuel.* — L'angle visuel sous lequel se présente un objet de dimensions connues sert à apprécier, à voir la distance : à un angle visuel plus petit (ou à une image rétinienne plus petite du même objet) correspond une distance plus grande. — Dans les cas où nous avons une idée fausse de la grandeur de l'objet, ce moyen (s'il est le seul dont nous disposions) nous « trompe » sur la distance. Une mouche passant près de l'œil peut être « vue » à une distance très grande, parce que nous « croyons » que c'est un gros oiseau.

2° *Les déplacements parallactiques.* — Si nous déplaçons latéralement notre corps, ou simplement la tête, les objets plus rapprochés semblent se déplacer en sens inverse de notre mouvement, au-devant des objets plus éloignés ; ou bien les objets plus éloignés semblent se déplacer dans le sens de notre mouvement, derrière les objets du premier plan. Il en résulte une impression très nette des distances relatives.

Ce moyen de « vision » doit jouer un rôle prédominant dans la locomotion des animaux. Somme toute, dans l'image rétinienne, les objets éloignés constituent un fond relativement immobile, sur lequel se meuvent les objets plus rapprochés (chez l'animal qui se meut) : et ce déplacement est d'autant plus marqué que l'objet est plus rapproché. La vision de la distance devient ainsi une espèce de moto-réaction.

3° *La perspective linéaire.* — De deux objets situés dans la même direction, le plus proche recouvre plus

ou moins les contours de l'autre. — C'est sur ce moyen surtout que repose la perception du relief d'un dessin ou de la reproduction d'un paysage. — Mais si on regarde binoculairement un tableau, il naît un conflit entre le « renseignement » fourni par la convergence et ceux fournis par la perspective linéaire : le dessin de l'objet plus rapproché (d'après la perspective linéaire) n'exige pas, pour être vu, une convergence plus grande. Pour ce motif, on « juge » mieux de la perspective d'un tableau en le regardant monoculairement, et mieux encore à travers un tube, pour cacher la perspective linéaire entre le tableau et son entourage. Pour le même motif, l'impression du relief d'un dessin est augmentée si on le regarde à travers une lentille convexe, qui, de plus, supprime l'accommodation.

Le dessin purement linéaire de la figure 19 peut être « vu » corporellement avec l'un ou avec l'autre des deux angles trièdres A et X en haut. Il suffit de commencer par se « figurer » l'un ou l'autre angle en avant, au besoin en renversant la page. — De même il peut être difficile de « juger » si une girouette éloignée, orientée obliquement par rapport à nous, est tournée dans un sens ou dans le sens opposé. Les ailes d'un moulin à vent, orientées de même, peuvent être « vues » comme se mouvant dans un sens ou dans le sens opposé.

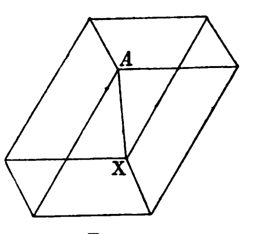


Fig. 19.

4° *La perspective aérienne.* — Des objets plus

éloignés dans un paysage paraissent plus obscurs, plus indécis, parce que la lumière qu'ils réfléchissent est partiellement absorbée par l'épaisse couche d'air avant d'arriver à notre œil, et mélangée à celle réfléchie (uniformément) dans les couches d'air situées au-devant (sur les parcelles solides nageant dans l'air). Les objets éloignés paraissent aussi plus bleuâtres, parce que la couleur propre de l'air est bleue (Spring). — Les peintres tirent un grand effet de cet élément d'appréciation. C'est à cause de lui que dans le brouillard nous « voyons » les objets plus loin (et plus grands, voir p. 271). Les habitants de la plaine, transportés dans les montagnes, voient les objets éloignés trop près, parce que l'air y est plus pur (d'où que la perspective aérienne est moindre) et qu'ils manquent de l'expérience voulue pour en tenir compte. Inversement, en plaine, le montagnard « voit » les objets trop loin.

5° *Les ombres projetées.* — Nous « connaissons » ordinairement la situation de la source lumineuse, c'est-à-dire la direction des rayons incidents, et nous « savons » (par expérience) qu'un corps opaque projette sur un corps plus éloigné que lui une ombre du côté opposé à la lumière. Il en résulte une « impression » de relief, c'est-à-dire de distance relative, très nette, dont les photographes notamment connaissent la portée. Sans ombres projetées, la photographie d'un paysage est « plate », sans relief. — Si devant une fenêtre on regarde une matrice de médaille à travers une forte lentille convexe, on la voit en relief. C'est que dans ces conditions les ombres projetées sont renversées, et telles qu'elles seraient si devant la même fenêtre on regardait la médaille. On ne tient pas compte du ren-

versement de toute la médaille, mais bien de celle des ombres projetées.

Il serait très laborieux, mais non impossible, d'analyser, à un point de vue purement physiologique, les cinq derniers moyens que nous « utilisons » pour apprécier visuellement les distances. Bornons-nous à relever encore une fois que le phénomène psychique est très manifestement lié à une photo-réaction somatique, à un tel mouvement réellement exécuté ou qui tend à être exécuté. C'est d'ailleurs ce qu'en langage psychologant on exprime en relevant l'importance de l' « expérience individuelle » à ces divers points de vue. Dans la perspective linéaire, on reconnaît aisément le fait psychique de la distance comme l'épiphénomène d'une photo-réaction somatique, soit de la main dessinante, soit de tout le corps (dans la vision au loin). La perspective aérienne et l'influence des ombres projetées reposent sur des processus cérébraux très compliqués, dans la description desquels entrerait la notion des associations cérébrales acquise dans la vie individuelle. Il en est de même de la vision de la distance à l'aide de l'angle visuel moyennant la notion de la grandeur de l'objet.

Appréciation visuelle de la grandeur des objets.

Si nous étions tout à fait conséquent avec nos principes, nous devrions envisager la notion de la grandeur des objets visuels comme un épiphénomène psychique de nos photo-réactions somatiques. Ce serait la manière de procéder vraie, physiologique. L'entreprise serait laborieuse, peut-être impossible ; mais nous pensons qu'à l'heure actuelle elle pourrait

être au moins entamée. Nous nous bornerons à décrire les faits dans le langage psychologique habituel.

On distingue souvent entre la grandeur absolue et la grandeur apparente des objets visuels. En général, la grandeur absolue des objets est une spéculation purement métaphysique, sans aucune valeur réelle, positive. Pour nous, les objets ne peuvent pas avoir d'autre grandeur que celle qui résulte de l'ensemble de nos réceptions, ou, comme on dit aussi, de l'ensemble de nos renseignements sensoriels. Mais il arrive que les renseignements fournis par un « moyen d'appréciation » ne concordent pas avec ceux fournis par un autre ; alors on parle d' « erreurs de jugement », dont nous avons vu déjà plus d'un exemple, notamment à la page 262. Il est clair qu'un renseignement sensoriel n'est pas plus vrai ou plus faux qu'un autre. *In specie,* nous allons voir qu'en réalité il y a de multiples moyens de juger de la grandeur visuelle d'un objet. Or, les renseignements fournis par un moyen peuvent ne pas concorder avec ceux fournis par un autre. Alors aussi on parle d'erreurs de jugement. En fait, « les objets ont la grandeur visuelle que nous leur voyons » (PORTERFIELD).

On parle souvent d'une grandeur purement angulaire — ou grandeur apparente — des objets. La grandeur purement angulaire est une abstraction de l'esprit, sans réalité visuelle. Ce serait une grandeur résultant de la seule vision ou projection radiaire. En réalité, il n'y a pas de vision purement radiaire (p. 220), mais une vision à des distances diverses. Dans les cas où l'on parle de cette grandeur angulaire, on projette tous les objets visuels à une seule et même distance,

le plus souvent très grande. La grandeur angulaire, c'est-à-dire la grandeur de l'image rétinienne, ne donne lieu à la notion de la grandeur que moyennant la notion de la distance[1].

Une même photo-réception (ou l'objet qui lui donne naissance) est vue d'autant plus grande que nous la supposons, que nous la projetons, que nous la localisons, que nous la voyons plus loin ; elle est vue d'autant plus petite que nous la projetons plus près. Pour qu'une même photo-réception ronde puisse être produite par un objet (rond) situé plus près, il faut que cet objet soit plus petit, et inversement.

Nous mesurons en quelque sorte la grandeur des objets à l'aide de la distance à laquelle nous les voyons. Or, dans la vision habituelle, nous employons à cet effet des distances différentes pour les diverses photo-réceptions, quelquefois même lorsque celles-ci sont simultanées. Ainsi un crayon tenu verticalement devant nous n'est pas vu aussi gros qu'un tronc de peuplier qui simultanémeut se présente sous le même angle visuel. En disant que ce dernier est cent fois plus gros que le premier, nous disons ce que nous « savons » et non ce que nous « voyons ».

Une même photo-réception, de dimensions (rétiniennes) identiques, peut ne pas être projetée à la même distance par diverses personnes ; chacune de celles-ci la voit alors avec une autre grandeur. Tout

1. Ainsi la notion de la grandeur suppose celle de la distance. Mais à la page 262, nous avons dit que, dans certaines circonstances au moins, la notion de la distance suppose celle de la grandeur. Réversibilité de certaines explications psychologiques et cercle vicieux !

le monde voit la lune sous un angle d'un demi-degré environ. Or, diverses personnes, chargées par Foerster de dessiner sur une feuille de papier (située à 30 centimètres) le disque lunaire, avec la grandeur qu'elles lui voyaient, délimitèrent des cercles de grandeurs très diverses, à diamètres variant de un à huit pouces. C'est qu'elles projetaient la lune à des distances très diverses.

L'exemple précédent est celui d'un objet dont la grandeur réelle ne résulte d'aucune de nos expériences antérieures, et auquel on « voit» des grandeurs diverses selon la distance à laquelle on le localise. Inversement nous pouvons, à la suite d'expériences antérieures, avoir une représentation (psychique) de la grandeur d'un objet, et la maintenir constante malgré des variations considérables de son angle visuel. Si dans une salle nous voyons des centaines de personnes, à des distances diverses, leurs têtes sont « vues » toutes en somme de la même grandeur réelle, bien que la grandeur angulaire varie beaucoup, de un au centième.

Voici encore quelques exemples qu'on cite habituellement pour montrer comment notre représentation de la distance influe sur notre jugement de la grandeur.

Qu'on développe l'image négative (bi-oculaire ou monoculaire) du soleil : on la « jugera », on la « verra » d'autant plus petite que nous convergeons davantage. Comme il serait absurbe de prétendre que nous nous figurons le soleil à notre portée, on dit qu'en réalité nous nous figurons un autre objet à cette distance rapprochée, et qu'une fois la convergence pour cette

distance réalisée (p. 200), nous interprétons notre image négative à l'aide de cette distance. — Au lieu de l'image négative du soleil, on peut développer une image négative quelconque, puis regarder sur des écrans qu'on « sait » à des distances différentes. On verra l'image d'autant plus grande qu'on la « projette » sur un écran plus éloigné. On « voit » l'objet fictif à l'endroit de l'écran (et on converge pour cette distance).

Dans l'exemple suivant, il s'agit de photo-réceptions actuelles. — On regarde la baie de la fenêtre à travers un treillis, celui d'une chaise cannelée par exemple. Si on regarde la fenêtre même, le treillis se projette à cette distance, et les mailles sont vues agrandies. Si on regarde dans la même direction sur la pointe d'un crayon tenu au-devant de la chaise, les mailles sont vues plus petites et plus rapprochées. C'est là une modification des expériences figurées et décrites aux pages 198 et 199, figures 8 et 15. Dans chaque cas, d'autres mailles forment des images rétiniennes correspondantes ; mais comme elles sont toutes égales, l'illusion optique est possible. (On observera que la vision se fait chaque fois avec une autre convergence.)

On dispose dans le stéréoscope deux dessins stéréoscopiques de petites dimensions, par exemple ceux de la figure 15 (p. 234), de façon à pouvoir les rapprocher ou les éloigner l'une de l'autre. La vision stéréoscopique étant obtenue, on augmente l'écartement entre les images : la convergence diminue et on voit l'objet plus loin et plus grand que tout à l'heure. Si on rapproche les deux images, l'objet est vu plus près, mais plus petit.

Des prismes à bases nasales font voir les objets plus grands (et plus loin) ; à bases temporales, ils les font voir plus petits (et plus près ; voir p. 188.). La convergence se modifie en conséquence.

Nous avons cité plus haut le cas de la mouche passant dans la périphérie du champ visuel, très près de nous, et qu'on peut voir grosse comme un corbeau (mais très loin).

Un exemple à rattacher ici est celui de la grandeur très inégale que nous voyons à la lune et au soleil, selon qu'ils sont à l'horizon ou au zénith. — Il paraît prouvé que si la lune est à l'horizon, elle est projetée plus loin que si elle est plus élevée. La coupole du firmament, telle qu'elle nous paraît, n'est pas un hémisphère, mais une voûte très sensiblement surbaissée, surtout lorsqu'il y a des nuages. Au zénith, l'astre est donc « vu » plus près de nous et par conséquent plus petit qu'à l'horizon. Quant à la raison pour laquelle nous voyons la voûte céleste surbaissée, on n'en connaît aucune absolument plausible, qui expliquerait aussi pourquoi le soleil levant ne paraît pas aussi grand que le soleil couchant. — Ce qu'il y a de remarquable, c'est la petitesse du rayon que nous attribuons à la voûte céleste. D'expériences de J. Plateau, il résulterait que nous ne projetons la lune au zénith qu'à une trentaine de mètres. Une photo-réception ayant la grandeur angulaire de celle de la lune, projetée à 30 mètres, a approximativement le diamètre que la plupart des personnes attribuent à la lune.

Nous pourrions à ce point de vue passer en revue tous les facteurs servant à juger de la distance, et

montrer que toute altération accidentelle d'un de ces facteurs modifie le jugement sur la grandeur. — Il en est ainsi notamment des objets que nous voyons monstrueusement agrandis dans le brouillard ; un veau par exemple paraît grand comme un bœuf.

La **Micropsie** en cas de subparalysie de l'accommodation (par instillation d'atropine) est expliquée de même par l'influence qu'exerce l'accommodation sur la vision de la distance. Avant que la paralysie atropinique de l'accommodation ne soit complète, tous les objets rapprochés paraissent rapetissés (et rapprochés), chaque fois qu'on essaye de les voir. — Voici l'explication psychologique qu'on a donnée[1] de cette micropsie : nous « jugeons » l'objet plus rapproché qu'il n'est, parce que sa vision nette exige un effort d'accommodation plus fort que normalement. Et comme néanmoins l'image rétinienne reste la même, n'est pas augmentée dans la même mesure, nous « jugeons que l'objet est plus petit, tel enfin qu'il devrait être à cette « fausse » distance pour produire cette image rétinienne.

XLVI. **Quelques aperçus critiques touchant la théorie psychique de la vision de la grandeur.** — On aura remarqué que l'exposé précédent de la vision de la grandeur est d'essence absolument psychologique. Il serait facile de relever les contradictions auxquelles tous ces prétendus « jugements » sur la distance conduisent infailliblement. Bornons-nous aux remarques suivantes. — Dans ces sortes de questions, on rencontre souvent l'expression de « faux jugements sur la grandeur », basés sur de faux jugements sur la distance, — et *vice versa*.

1. Donders. *Néderl. Lancet.* 1850, p. 607.

Une certaine hésitation doit naître si on pense que dans tout cela il n'est aucunement question du système nerveux central, c'est-à-dire du côté réellement physiologique de ces questions. DONDERS lui-même a senti le faible de ces explications, car à la suite de certaines expériences d'EINTHOVEN [1], il a lui-même abandonné [2] plus ou moins l'explication psychologique de la micropsie donnée plus haut, et dont il est l'auteur. — REDDINGIUS notamment a mis en évidence certains facteurs physiologiques qui contribuent à produire la micropsie; nous devons nous borner à renvoyer à l'auteur.

Notons aussi à nouveau la circonstance merveilleuse que tous ces raisonnements psychologiques sont réversibles. L'exemple le plus curieux en est donné par la micropsie de plus haut : *nous voyons les objets trop petits parce que nous les voyons trop près*. Or, il se trouve que dans certaines circonstances, en cas de parésie de l'accommodation, nous voyons les objets trop petits, mais en même temps trop loin. Cela arrive si nous regardons (de près) des objets de grandeur bien connue. Un homme par exemple regardé à 2 ou 3 pieds, avec un œil à moitié atropinisé, paraît un nain et moins, mais placé plus loin, contre le mur de la chambre : « *A cause du trouble accommodateur* », dit AUBERT [3], « *les objets paraissent trop près ; et parce que nous les voyons trop près, nous les voyons trop petits ; mais parce que nous les voyons trop petits, nous les voyons trop loin* ». Il invoque d'une haleine un faux jugement sur la distance pour expliquer la mi-

1. EINTHOVEN. *Arch. f. Ophthalm.*, 1885, t. XXXI, f. 3, p. 220.

2. DONDERS. C. R. XXIIIe Congrès internat. d'opht., in *Klin. Monatsbl. f. Augenheilk.*, 1886, p. 82.

3. AUBERT, in *Handb. de Graefe et Saemisch*, 1876, II, p. 624.

cropsie, puis la même micropsie pour expliquer une projection à une distance trop grande. Nous soupçonnons fort AUBERT d'avoir, en pince-sans-rire, accolé ces explications contradictoires pour faire bien toucher du doigt les absurdités auxquelles aboutit la théorie psychologique de la vision corporelle. — La réversibilité des jugements psychiques sur la grandeur et la distance démontre que les deux dépendent d'un *tertium ignotum*, ou plutôt d'un tertium qu'on ignore de parti pris, et qui est la partie nerveuse de la photo-réaction somatique : c'est l' « image cérébrale visuelle ». Le fait psychologique de la grandeur, tout comme celui de la distance, devra être rattaché, comme simple épiphénomène psychique, au processus nerveux qu'on désigne du nom d' « image cérébrale visuelle ». — KOSTER[1], un partisan des idées de HERING, dit que « la grandeur des images rétiniennes exerce une influence *inconsciente* sur la représentation de la grandeur de l'objet ». — REDDINGIUS trouve que « la grandeur des images rétiniennes est perçue d'une manière inconsciente ». — La logique découvrirait aisément des non-sens dans ces citations, non-sens qui tiennent surtout à ce que leurs auteurs se débattent contre les difficultés linguistiques, qui les empêchent de se dégager tout à fait de la théorie psychique de la vision, tâche que du reste nous n'avons pas non plus remplie dans toute son étendue.

Une même photo-réception (non punctiforme), avons-nous dit, est vue d'autant plus petite que nous la projetons plus près de nous. Mais des photo-réceptions diverses, de même grandeur, et projetées à la même distance, sont-elles vues également grandes ? La question plus générale est celle de l'appréciation de la grandeur d'objets vus dans le même plan.

Des grandeurs linéaires, situées dans le même plan,

1. KOSTER. *Arch. f. Ophthalm.*, 1896, t. XLII, 3, p. 137.

ne peuvent être comparées ou appréciées avec quelque exactitude que si elles ont même direction, et surtout si on les « mesure du regard, avec l'œil mobile. VOLKMANN (FECHNER et d'autres auteurs), en essayant de tracer une telle ligne égale à une autre, commettait une faute moyenne de 1 pour 100, à la distance de 340 millimètres. Cette sensibilité aux différences diminue si l'éloignement augmente ou diminue beaucoup.

Les auteurs aiment à discuter à nouveau à ce propos la question psychique de la vision suivant deux dimensions, et reproduisent les arguments que nous avons critiqués à propos de la vision radiaire. WUNDT notamment dit que l'évaluation de la distance de deux points dépend de l'effort moteur déployé par l'œil pour porter la fixation de l'un à l'autre. L'appréciation de la distance entre deux points, avec le regard immobile, reposerait sur la mémoire des sensations d'innervation éprouvées à des occasions antérieures (jugement basé sur l'expérience et les sensations musculaires éprouvées déjà). La notion spatiale serait donc inhérente aux sensations d'innervation motrice et non aux sensations visuelles [1]. Nous renvoyons à ce propos à « vision radiaire », qui au fond est une vision à une seule distance, mais très grande.

Nous apprécions parfaitement des grandeurs linéaires avec le regard immobile, pourvu que leurs extrémités correspondent à des points rétiniens à acuité visuelle bonne, ce qui est le cas si nous opérons avec de petits objets (FEILCHENFELD [2]). Les mouvements oculaires ont donc pour but véritable de voir nettement. Du reste, pour diviser (visuellement) une ligne en deux parties

1. Cette notion n'adhère ni à l'une ni à l'autre de ces sensations, mais au photo-réflexe somatique virtuel, ou plutôt à sa phase nerveuse, qui existe seule. Les sensations d'innervations sont des quantités absolument imaginaires (p. 130).

2. FEILCHENFELD. *Arch. f. Ophthalm.*, 1901, t. LIII, p. 401.

égales, nous reposons le regard vers son milieu, et nous évitons de le laisser se déplacer tout le long. Enfin les gens paralysés depuis la naissance de tous les muscles oculaires extrinsèques, apprécient normalement les grandeurs, surtout avec la partie centrale de la rétine. Les mouvements de la tête sont trop grossièrement gradués pour remplacer ici les mouvements oculaires. Les mouvements de la tête sont une vis pour la grosse mise à point fixatrice ; à ceux des yeux incombe la fine mise à point.

Quelques illusions d'optique relatives à des grandeurs. — A propos de l'appréciation des grandeurs dans un même plan, on est tombé sur des exceptions remarquables à la loi que des photo-réceptions de même grandeur seraient vues toutes avec la même grandeur, à 1/100 près (p. 274). Aucun de ces phénomènes n'a reçu une explication absolument satisfaisante ; et la preuve en est qu'on en invente toujours de nouvelles. Celles qu'on a données sont d'ailleurs la plupart psychologiques, et invoquent des erreurs de jugement. — C'est ainsi que des longueurs verticales paraissent plus grandes que des horizontales. Une croix ou un carré dessinés au jugé ont la dimension verticale trop petite. Les grandeurs verticales dans la moitié supérieure du champ visuel paraissent plus grandes que dans la moité inférieure. Si on essaye de diviser en deux moitiés égales une ligne verticale, la supérieure devient généralement trop petite, de 1/16 d'après Delboeuf. — Du même ordre paraît être qu'un 8 ou un S paraissent avoir deux moitiés superposées égales, et cependant la supérieure est plus petite, ainsi qu'on s'en aperçoit en les renversant : 8, S. Mais en fait, maintenant on voit l'inférieure trop petite, ainsi qu'on le remarque si on les regarde couchés : ∞, ∽. — De même aussi, dans certaines circonstances, une ligne située dans la moitié temporale du champ visuel paraît plus grande que dans la moitié nasale.

D'autres « illusions » d'optique, non expliquées, et

qui ne cessent de solliciter la sagacité des auteurs, sont les suivantes. — Une ligne pleine paraît plus grande qu'une égale distance entre deux points. — Malgré l'apparence, dans la figure 20 les deux lignes verticales sont égales. — Dans la figure de Zoellner (fig. 21), les lignes horizontales sont en réalité toutes parallèles. — Nous pourrions multiplier à l'infini les illusions d'optique de ce genre.

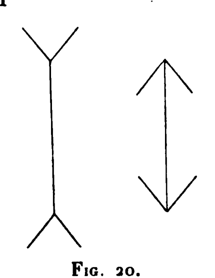


Fig. 20.

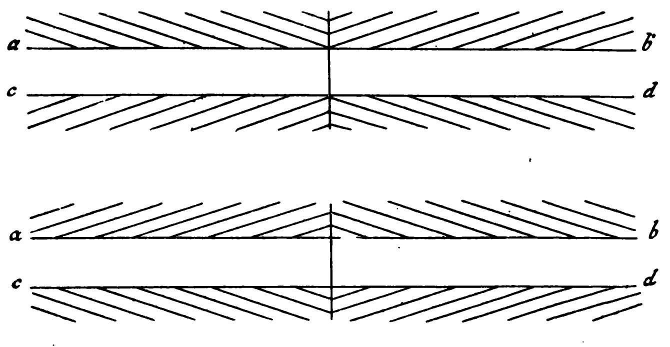


Fig. 21.

Perception visuelle du mouvement. — Généralement on explique la perception visuelle du mouvement en disant que nous trouvons qu'un objet, tout à l'heure situé en un endroit, se trouve maintenant en un autre : il doit donc s'être déplacé. — Souvent, cependant, la perception, la conscience visuelle d'un mouvement survenu, est plus immédiate, directe ; on n'aperçoit pas trace du raisonnement signalé ; on dirait une « sensation » élémentaire du mouvement survenu. Mais pour que cette im-

pression immédiate se produise, il faut que le mouvement soit assez rapide; au dire d'AUBERT, l'image rétinienne devrait se déplacer d'au moins 6-7 cônes à la seconde. — Cette impression visuelle du mouvement possède sous d'autres rapports encore les caractères des sensations visuelles; elle donne lieu notamment à une espèce d'image accidentelle négative. — Des exemples de ce genre sont les suivants. Nous marchons dans la rue, en lisant dans un livre tenu vers le bas; nous nous arrêtons



FIG. 22.

et le sol semble fuir devant nous. Ou bien, on regarde par la fenêtre d'un train en marche; dès qu'il s'arrête (ou bien si on porte le regard sur l'intérieur du wagon), le fond paraît se mouvoir dans le sens du train. — On a essayé, mais en vain, d'expliquer ces faits en invoquant des mouvements oculaires, qui continueraient après cessation du mouvement. De tels mouvements oculaires se produisent réellement dans les circonstances indiquées, mais ils sont saccadés, alors que le mouvement observé est continu. D'ailleurs dans le cas de la spirale de PLATEAU (fig. 22) l'explication signalée est absolument en défaut. On fait tourner le disque (agrandi) dans un sens, et on reçoit l'impression de cercles émergeants du centre.

Le disque tournant en sens opposé, on voit des cercles se dirigeant vers le centre. Si, après avoir fixé pendant quelques secondes le disque tournant, on l'arrête, immédiatement on voit les cercles exécuter le mouvement inverse. Si, après contemplation de la spirale en mouvement, on regarde un autre objet, par exemple un visage, on le voit se gonfler ou se rapetisser, selon le mouvement de la spirale. Bref une vraie image négative du mouvement. Et notons que dans le haut du disque, cette sensation de mouvement est inverse de celle dans le bas ; elle ne saurait donc résulter d'un mouvement de direction des yeux. — On serait donc tenté de parler ici, avec S. Exner[1], de « sensations de mouvement ».

XLVII. **Photo-réactions vicérales. La vue et la sécrétion des sucs digestifs.** — Les photo-réceptions exercent des actions importantes sur beaucoup d'organes viscéraux, sur leurs mouvements et sur leurs sécrétions. Celle sur la sécrétion des sucs digestifs est une des mieux étudiées. — Quand on a faim, la vue des aliments (tout comme leur odeur) fait couler la salive et le suc gastrique : « l'eau en vient à la bouche ».

Il s'agit là de photo-réflexes sécréteurs, compliqués il est vrai, modifiables diversement et ne se produisant que dans des circonstances physiologiques bien déterminées. Et comme ces conditions physiologiques (inanition) sont accompagnées d'états de conscience (faim, appétit), on introduit ici également l'épiphénomène psychique comme impulseur primitif de l'innervation sécrétoire. Nous voyons ainsi reparaître le procédé que nous avons critiqué et rejeté à propos des photo-réactions somatiques.

Nul plus que nous n'admire les beaux travaux de

1. Exner (S.). *Biol. Centralbl.*, 1888, VIII, n° 14.

PAWLOW[1] sur la sécrétion des sucs digestifs : mais nous ne saurions souscrire aux explications psychologiques qu'il donne de certains faits remarquables mis au jour par lui.

Il résulte des travaux de PAWLOW que la quantité et la qualité de ces sucs (salivaires, stomacaux, pancréatiques) varient avec la quantité et la qualité des aliments ingérés. La teneur des sucs gastrique et pancréatique en ferments protéo-lytique, amylo-lytique et lipo-lytique est adaptée au travail digestif à accomplir, à la teneur du chyme en matières albuminoïdes, amylacées et graisseuses.

Le régulateur de ces sécrétions est le système nerveux. Des innervations centripètes, allant dans le système nerveux central, et des innervations centrifuges (les unes sécrétoires, les autres frénatrices des sécrétions), atteignent les glandes par la voie du nerf vague notamment. Et de ces innervations, il résulte une appropriation chimique parfaite au travail digestif à effectuer, travail variable avec les aliments ingérés. Cette appropriation ne le cède guère pour son exactitude à celle qui relie nos mouvements dits volontaires aux variations des conditions extérieures. C'est ce qui fait dire à PAWLOW que ces sécrétions sont *intelligentes*.

Le caractère « intelligent » de ces sécrétions n'est évidemment que l'expression du fait que les mécanismes physiologiques (nerveux, etc.) sont appropriés aux fonctions variables qu'ils remplissent — mais cela en vertu de principes physiologiques ; la conscience, la volonté, n'y est pour rien. Ce sont des réflexes dont la variabilité tient surtout à ce fait que ces sécrétions sont incitées par des *excitants adéquats*, agissant sur la muqueuse digestive.

1. PAWLOW. *Le travail des glandes digestives*. Paris, Masson, 1901.

ainsi que du reste PAWLOW le démontre très bien. Une variation dans la nature (chimique) de l'excitant provoque une variation parallèle de la réaction. PAWLOW dit lui-même qu'« il faudrait être un bien grand ami de conceptions forcées pour vouloir rapporter l'action (excitante) de l'acide sur le pancréas à un autre mécanisme qu'à un mécanisme réflexe ». De son aveu donc, cette appropriation-là au moins est le résultat d'un acte purement réflexe.

Chez le chien, une sécrétion initiale et abondante de suc gastrique peut être provoquée rien que par la vue d'aliments (ou par la simple déglutition). Mais pour que cet effet visuel se produise sûrement, il faut que l'animal soit à jeun (depuis deux jours) ; alors la vue de tous les aliments produit l'effet sécréteur ; au cas contraire, seule la vue des aliments « préférés » a cet effet. — Ce n'est donc pas la vue de l'aliment, dit PAWLOW, (ni la mastication) qui provoque la sécrétion ; il faut que cette vue éveille au préalable un sentiment psychique spécial, l'appétit, c'est-à-dire le désir de manger. Et c'est cet état psychique, non la vue, qui est le véritable excitateur de l'innervation sécrétoire de certaines fibres du nerf pneumogastrique. — L'appétit, ajoute l'auteur, est le désir passionné des aliments, basé sur le souvenir du sentiment de plaisir qui accompagne le repas [1].

Nous ne pouvons voir dans cette sécrétion « psychique » de PAWLOW qu'une photo-réaction sécrétoire, de nature réflexe, au même titre que le réflexe pancréatique provoqué par l'acidité du duodénum, sauf

1. Le désir, dit PAWLOW, est basé sur le souvenir d'un plaisir. Généralement, les auteurs psychologants font découler le plaisir de la satisfaction d'un besoin, d'un désir. Nouvel exemple de la réversibilité des causalités psychiques !

que ce dernier réflexe n'est pas accompagné d'états de conscience. Seulement, ce photo-réflexe sécrétoire ne se produit que si le mécanisme nerveux se trouve dans un état particulier (épuisement, etc.), ou, si on veut, dans un état d'excitabilité spécial. De même aussi l'affaissement du poumon ne provoque l'inspiration que si le sang qui baigne le centre inspiratoire est suffisamment veineux. De même encore les photoréceptions de la chenille ne provoquent l'héliotropisme positif que si l'animal n'est pas rassasié (et si sa température est suffisamment élevée). Aucun physiologiste n'explique plus l'inspiration par la « soif de l'air », par cet état psychique mal défini qui accompagne la veinosité (exagérée) du sang qui baigne le centre inspirateur [1].

Constatons que Pawlow lui-même ne met pas sur le compte d'une délibération psychique l'appropriation des sucs digestifs au travail chimique qu'ils ont à remplir [2] mais seulement cette sécrétion en général; son appropriation, c'est-à-dire la chose la plus « intelligente » dans tout l'acte, serait réflexe.

1. Pawlow fait également intervenir l'appétit comme véritable excitateur de la sécrétion stomachique lorsque cette sécrétion se produit à la suite de la déglutition, même lorsque l'aliment sort immédiatement par une fistule œsophagienne (repas fictif). Là aussi, la sécrétion ne se produit que chez l'animal à jeun.

2. D'après des renseignements incomplets encore, Pawlow verrait aujourd'hui dans une certaine appropriation de la salive « visuelle » (appropriation à la nature des aliments) une preuve que cette sécrétion n'est pas non plus un photo-réflexe chez un animal à jeun, mais qu'elle serait elle aussi excitée par l'appétit éveillé à la vue des aliments (voir O. Conheim, in *Münchener mediz. Wochenschr.*, 1902.

La sécrétion due à une irritation de la muqueuse stomacale ne se produit non plus que chez le seul animal à jeun (non rassasié). Au lieu de s'en tenir à cette constatation et de mettre sur le compte de dispositions nerveuses spéciales l'efficacité sécrétoire de certaines photo-réceptions chez l'animal à jeun, et leur inefficacité chez l'animal rassasié, PAWLOW entre ici dans un raisonnement embrouillé, qui aboutit à dire que dans certaines circonstances, la sécrétion est empêchée de se produire par la « perspicacité » de l'animal, qui comprend l'inutilité de tout effort, etc.

Pour la physiologie, l'innervation sécrétoire ne peut provenir que d'une autre innervation. L'« appétit » ne saurait être qu'un épiphénomène psychique d'un processus physiologique, et rien de plus.

Le processus ou l'état nerveux dont l'appétit est l'épiphénomène psychique peut être provoqué par association et mémoire (visuelle), par des photo-réceptions (ainsi que par d'autres réceptions). Il aboutit à des réactions diverses, les unes motrices (préhension des aliments, mastication), les autres sécrétoires. Quelques-unes de ces réactions, la préhension et la période initiale de la déglutition, ont même pour épiphénomène psychique la « volonté »), comme en général les mouvements qui sont en rapport avec le monde extérieur).

L'appétit est donc lui-même une espèce de volonté, mais une volonté relative à des réactions sur un organe viscéral, à la sécrétion des sucs digestifs. L'appétit, ou plutôt l'état d'inanition qui y prédispose, joue en l'espèce le rôle de l'attention en vision corporelle. L'un et l'autre rend efficace une photo-réception ; il fait que cette réception est suivie d'une réaction qui sans attention ou

sans inanition ne se produirait pas. Seulement, l'appétit aussi bien que l'attention (voir p. 250) doit être entendu physiologiquement, c'est-à-dire comme une innervation spéciale ou une disposition spéciale du système nerveux, en conformité notamment avec la théorie de JAMES (voir p. 230) sur les sentiments.

Le rôle attribué par PAWLOW à l'appétit dans la sécrétion gastrique est donc identiquement celui que la tendance psychologante attribue dans les actes visuels aux sensations inconscientes, aux jugements inconscients, à la volonté, à la tendance à la vision nette et à la vision simple, etc., aux répulsions pour la diplopie, etc., etc.

Dans le cas de la vue des aliments, la photo-réception provoque un photo-réflexe sécrétoire et un photo-réflexe de préhension (le second au moins dans sa partie nerveuse). Si tout ne nous trompe, le sentiment de la faim, nullement objectivant, est l'épiphénomène psychique du photo-réflexe sécréteur. Quant au photo-réflexe de préhension, son épiphénomène psychique est objectivant; c'est la représentation de l'aliment. Le premier est un réflexe sur des organes viscéraux, le second est un réflexe sur des muscles de la vie de relation. Ceux de la première espèce ne donnent généralement pas lieu à des états de conscience; et s'ils en produisent, ils ne sont pas objectivants; ce sont des sentiments. Les seconds produisent en général des états de conscience objectivante. — C'est en ce sens que nous nous rallions à la théorie de LANGE et de JAMES sur les sentiments.

DES SENSATIONS LUMINEUSES

Dans ce qui précède nous avons envisagé les phénomènes dits « d'extériorisation visuelle », de « vision » proprement dite, ou de « projection visuelle », de

perception visuelle de l'espace. Il y a été incidemment question des sensations lumineuses en général, et surtout nous avons négligé de parler des diverses sensations lumineuses, blanches, rouges, vertes, bleues, etc. C'est ce qui nous reste à faire.

Nous avons vu que les phénomènes de vision corporelle peuvent se concevoir à un point de vue exclusivement physiologique, en ce sens qu'à la rigueur, on pourrait se borner à décrire les phénomènes physiologiques, les photo-réactions physiologiques, et ne signaler les faits de conscience correspondants que comme de simples épiphénomènes (psychiques) de ces processus physiologiques. Nous imaginons même que chez l'homme aussi bien que chez les animaux, on pourrait décrire les processus physiologiques en question sans mentionner leurs épiphénomènes psychiques, sans tenir compte des photo-réactions psychiques correspondantes.

Il n'en est plus ainsi des états de conscience visuelle connus sous le nom de couleurs. Quelque frappantes, quelque violentes que soient les différences dites qualitatives que notre sens intime nous révèle entre diverses sensations lumineuses, entre ce que nous appelons blanc, noir, rouge, bleu, etc., jusque maintenant l'investigation physiologique n'a guère révélé de différences entre les photo-réactions physiologiques auxquelles les diverses sensations visuelles pourraient être rattachées en qualité d'épiphénomènes psychiques. En d'autres mots, le déterminisme physiologique des sensations lumineuses nous est à peu près totalement inconnu. Notre ignorance est ici tellement grande que nous n'entrevoyons guère encore la direction plus

exacte dans laquelle il faudra chercher ce déterminisme.

L'étude que nous avons faite du déterminisme nerveux des phénomènes dits de vision corporelle a été indirecte, en ce sens, qu'en somme, nous avons conclu à l'existence de certaines innervations centrales à la suite de l'observation de mouvements provoqués par les photo-réceptions. Cette méthode nous fait défaut ici, attendu que nous ne connaissons pas de différences simples entre nos photo-réactions physiologiques qu'on pourrait imputer à la seule longueur d'onde des vibrations de l'éther.

Il y a bien des différences entre réactions qui sont imputables aux couleurs, aux longueurs d'onde, mais ces réactions sont d'un ordre très élevé, intellectuel, de nature esthétique ; et ce genre de réactions n'est encore guère accessible à l'analyse physiologique.

Nous renvoyons aussi à ce que Woodworth[1] dit des travaux de Féré[2] sur la dynamogénie des couleurs, savoir que le rouge augmenterait la force musculaire, l'orangé et le vert l'augmenteraient moins, et le violet pas du tout.

Et cependant, il doit y avoir un déterminisme physiologique des diverses sensations lumineuses. Nous devons absolument le supposer *a priori*, sinon l'étude physiologique des couleurs serait un leurre. Nous devons supposer que nous en arriverons plus tard à constater des différences entre les photocinèses qui soient imputables à des différences de ré-

1. Woodworth. *Loc. cit.*, p. 270.
2. Féré. *Sensation et mouvement*. Paris, 2e édit., 1900.

frangibilité des radiations de l'éther, et auxquelles nous pourrions rattacher les différences qualitatives entre sensations lumineuses. Peut-être que l'analyse des photo-réactions sur les organes viscéraux — tâche à peine entamée — sera utile à ce point de vue.

Ce qui est assez bien connu aujourd'hui, c'est le déterminisme purement physique (et extra-physiologique) des couleurs. Nous savons plus ou moins comment la sensation visuelle varie qualitativement et quantitativement avec la longueur d'onde (c'est-à-dire avec la réfrangibilité) et avec la force vive des radiations excitantes. Mais cette connaissance épuise en somme ce que nous savons du déterminisme des sensations colorées. Aussi l'exposé habituel, scientifique, non simplement psychologique, des sensations lumineuses, consiste-t-il en somme à constater quelles modifications sensorielles surviennent avec les modifications de la réfrangibilité et les variations d'intensité des radiations éthérées ; il prend les allures d'un chapitre de la physique plutôt que de la physiologie. Des processus physiologiques, il n'y est guère question, tout au plus incidemment, à propos de certaines hypothèses aprioristiques ou « théories » imaginées sur les mécanismes nerveux en cause.

En l'état rudimentaire de nos connaissances physiologiques touchant les sensations visuelles, on en est encore à envisager ces états de conscience comme le but physiologique des processus nerveux qui y donnent naissance. D'autre part nous sommes forcé, dans notre exposé de la question, de partir des sensations lumineuses pour essayer de remonter aux processus physiologiques correspondants. Ce point de

départ obligé est des plus sujets à caution, comme contraire à un principe physiologique fondamental ; il expose à des errements, ainsi qu'en font foi en maints endroits les pages qui précèdent. — Bien que la physiologie s'interdise toute spéculation métaphysique sur la nature des sensations, nous devons néanmoins, dans nos développements, partir d'une certaine classification des sensations visuelles, d'une classification basée sur les données du sens intime.

La psychologie métaphysique a créé la notion (cartésienne) de la sensation pure, de la sensation en soi, consistant en un simple état de conscience, subjectif, sans extériorisation d'aucune espèce. Ce serait là le phénomène psychique élémentaire, irréductible. Tous les autres états psychiques en dériveraient, seraient des composés de sensations, dont ils résulteraient par une espèce de combinaison qui transformerait les sensations en représentations, en concepts etc., etc. (voir pp. 125 et suiv.). Souvent on donne à ces processus psychiques, renseignés par notre sens intime, les noms de délibération, de jugement, etc., etc.

L'école psychologique en physiologie des organes des sens a adopté cette manière de procéder ; elle trouve un sens physiologique à ces raisonnements psychologiques. Entre ses mains, l'extériorisation des sensations visuelles est devenue une question d'expérience individuelle : « nos sensations », dit Helmholtz, « sont de simples signes des objets extérieurs, signes que notre intelligence a appris à interpréter ». Ailleurs il dit que ces signes n'ont en eux-mêmes rien de corporel. — Nous remplirions des pages si nous voulions rappeler tous les traits de force ratiocinants

imaginés pour expliquer comment la sensation pure peut donner naissance à une représentation en dehors de nous. Nous renvoyons sur ce sujet à divers autres articles de cette Bibliothèque, notamment « sensation et perception », etc. Ce sont là questions de « métaphysique », situées en dehors du terrain de la physiologie (voir aussi p. 125 et suivantes).

En supposant que les divers états de conscience visuelle se soient développés progressivement dans l'échelle animale, il est très probable que ceux d'extériorisation ont été les premiers à apparaître, et que les sensations de couleurs diverses sont de date phylogénique relativement récente, au contraire de ce que prétend la théorie psychologique. Il est infiniment probable que les premières représentations psychiques visuelles n'avaient rien de coloré.

Nous allons voir qu'au moins en ce qui regarde les sensations colorées, il y aurait des réserves à faire quant à leur simplicité, alors qu'un caractère de simplicité d'évidence immédiate, absolue, caractérise en général les faits d'extériorisation visuelle, de vision corporelle.

Nous avons signalé à satiété les difficultés auxquelles on aboutit en voyant dans les sensations visuelles les états de conscience visuelle simples, élémentaires, dont tous les autres seraient dérivés; et nous tenons à répéter qu'en physiologie, les faits de conscience visuelle (sensations, représentations, objection, volonté, etc.) doivent être envisagés comme des épiphénomènes psychiques accolés aux phases successives du processus nerveux (somato-réacteur), éveillés par la photo-réception (voir p. 20 et 151). Pro-

visoirement au moins, ces faits de conscience visuelle sont (pour la physiologie) coordonnés, et non subordonnés les uns aux autres ; l'un n'est pas la cause de l'autre.

XLVIII. **Les sensations visuelles en général et le principe des énergies spécifiques de J. Mueller.**— Dans notre domaine (visuel), et dans le langage physiologique moderne, ce principe est résumé dans les propositions suivantes. *a)* L'état fonctionnel de certains éléments corticaux (qui sont en continuité fonctionnelle avec les fibres du nerf optique) est toujours ressenti comme sensation lumineuse, n'importe de quelle manière ce fonctionnement soit provoqué, par excitation directe (vision subjective) ou, ce qui est le cas habituel, par suite d'une photo-réception rétinienne. *b)* Une sensation lumineuse ne peut pas être provoquée par l'excitation d'un autre appareil nerveux, à moins qu'il finisse par communiquer au centre cortico-visuel son état d'excitation (en cas d'audition colorée par exemple). *c)* L'état fonctionnel du nerf optique n'a en soi rien de spécial, de « visuel » ; il est le même dans tous les nerfs. *d)* L'organe photo-récepteur, la rétine, est constituée de manière à ne guère être excitée par d'autres agents externes que les vibrations de l'éther. D'où il résulte que les sensations lumineuses sont le plus souvent provoquées par des vibrations de l'éther, ou, comme on dit, par de la lumière objective.

Nous devons toujours nous en tenir à ce grand principe des énergies spécifiques, sous peine de retomber dans le chaos dont J. MUELLER avait tiré la physiologie

des organes des sens. Ce principe s'applique aux sensations visuelles en général. Mais une grosse difficulté surgit dès qu'on essaye de spécifier le déterminisme nerveux des sensations lumineuses diverses, des couleurs.

On tend à voir le siège des sensations lumineuses dans le centre visuel cortical dit de projection, c'est-à-dire dans l'écorce calcarine. La chose est cependant loin d'être prouvée. Le fait que les lésions de cette écorce privent l'homme des sensations visuelles n'est pas dirimant en lui-même, car l'extirpation du corps genouillé externe, par exemple — une station cérébrale de passage pour les conducteurs optiques — rend également aveugle. Celui qui prétendrait que le siège des diverses qualités des sensations visuelles est dans les centres visuels dits d'association ne pourrait guère être contredit.

Les couleurs et les vibrations de l'éther.

XLIX. **Qualité des sensations lumineuses.** — La théorie psychologique de la vision développe comme quoi nous nous guidons visuellement parmi les objets extérieurs moyennant la qualité (couleurs) et l'intensité de nos sensations lumineuses, et elle est amenée tout naturellement à se demander par quoi sont déterminées les différences de qualité et d'intensité de nos sensations lumineuses. Elle groupe les faits visuels dont il nous reste à parler sous les rubriques « qualité » et « intensité » des sensations lumineuses. Il est certain qu'en dernière analyse, le déterminisme de ces deux qualités de nos sensations visuelles doit être recherché dans les processus physiologiques. Mais, nous l'avons dit, ces processus sont si peu connus qu'on en est réduit généralement à s'en tenir à leurs

déterminismes purement physiques, extra-physiologiques.

Il y a d'abord à signaler que les vibrations de l'éther ne provoquent des sensations lumineuses que depuis 394 jusqu'à 758 trillions de vibrations à la seconde (longueurs d'onde de 761 à 396 millionièmes de millim.). Les rayons « citra-rouges », bien que très intenses, et les rayons « ultra-violets » (ainsi que les rayons X et les rayons N) sont inaptes à produire cet effet (à moins d'être transformés, à moins de cesser d'être). — Ce premier fait nous amène immédiatement sur le terrain physiologique. L'invisibilité des rayons extrêmes ne tient en effet pas à leur nature, mais à la constitution des organes photo-récepteurs : ceux-ci sont constitués (chimiquement et physiquement) de façon à pouvoir être « modifiés » ou « excités » par les longueurs d'onde moyennes, et non par les radiations extrêmes. Nous pourrions citer de nombreux exemples de corps de la nature modifiables, nous allions dire « excitables », les uns par telle longueur d'onde (de vibrations de l'éther), les autres par telle autre. La fonction chlorophyllienne est « excitée » par les longues vibrations ; d'autres corps sont altérés par diverses autres vibrations. Il y a dans la nature un plus grand nombre de corps modifiables par les courtes vibrations (de notre spectre visible), d'où qu'on dit quelquefois, mais erronément, que le pouvoir chimique réside uniquement dans les courtes vibrations.

Nous savons que le mélange de toutes les radiations, telles qu'elles nous viennent du soleil, suscite la sensation blanche. Mais ces mêmes radiations, analysées, isolées par le prisme et étalées sur un écran

réfléchissant, nous présentent une série, une gamme continue de couleurs, depuis le rouge (la radiation visible la moins réfrangible) jusqu'au violet (radiation visible la plus réfrangible), et passant graduellement l'une dans l'autre, par l'orangé, le jaune, le vert, le bleu. — La question du nombre des couleurs spectrales révèle déjà l'incertain dans les renseignements visuels fournis par notre sens intime. Pour les uns (dont Helmholtz), il y aurait dans le spectre solaire une infinité de teintes. Déjà dans ce que nous appelons rouge (spectral), il y en aurait un très grand nombre de différentes. Chaque radiation isolée produirait une teinte, une couleur à part. Ces auteurs expliquent que si l'usage a prévalu d'en désigner nominativement quelques-unes (le rouge, l'orangé, le jaune, le vert, le bleu et le violet), ce serait uniquement pour des raisons d'utilité pratique, soit parce que telle couleur (le vert par exemple) est très répandue dans la nature, soit parce qu'un objet remarquable a toujours une couleur déterminée (le bleu du firmament), etc. — Il est certain que d'autres hommes, dans d'autres conditions, désigneront d'autres radiations par des noms spéciaux. Des peuplades de l'Afrique adonnées à l'élevage du bétail ont un grand nombre de noms spéciaux pour désigner les teintes rougeâtres de leurs animaux (Magnus). Les teinturiers disposent de même d'une nomenclature chromatique plus compliquée. Au même point de vue (utilitaire) on explique que les peuples sauvages, ainsi que même les héros d'Homère, n'ont que trois noms pour désigner toutes les couleurs de l'arc-en-ciel (Gladstone).

L'opinion qui admet un nombre infini de couleurs

n'est pas cependant admise sans contestation. Déjà *Leonardo da Vinci* citait six couleurs principales ; dans les autres, il voyait des mélanges de ces six couleurs.

Hering[1] défend une opinion analogue. D'après lui, le rouge, le jaune, le vert et le bleu spectraux seraient seuls des sensations irréductibles pour notre sens intime ; dans les autres, nous verrions un mélange, par fine juxtaposition, de deux de ces quatre couleurs fondamentales. — Il est de fait que dans le pourpre, une couleur simple pour Helmholtz, on voit une telle juxtaposition de rouge et de bleu ; il en est de même, d'après Hering, du violet, sauf que le bleu y prédomine sur le rouge. Dans l'orangé, nous verrions simultanément du rouge et du jaune, comme dans l'ultra-marin, nous verrions du bleu et du vert. Les locutions de vert bleuâtre, de jaune verdâtre, etc., reposeraient sur la nature même de nos sensations, et ne témoigneraient pas simplement de la pauvreté de notre « technologie » chromatique. — Par contre, d'après Hering, dans aucune couleur, ni spectrale, ni composée, nous ne verrions simultanément du rouge ou du vert, ni du jaune et du bleu ; ce seraieut là les quatre couleurs fondamentales. — De même encore, d'après Hering, dans le gris, on verrait simultanément du noir et du blanc, et non pas simplement un blanc peu intense.

Le noir lui-même passe souvent, mais bien à tort, pour l'absence de toute sensation lumineuse. Le néant visuel, derrière notre tête, n'est certainement

1. Hering (Ew.). *Die Lehre vom Lichtsinne*. Wien, 1878.

pas le noir. Le noir est une sensation positive, au même titre que le blanc. Nous ne l'éprouvons très intense que moyennant notre rétine, toujours dans notre champ visuel, et seulement *à côté* d'une sensation blanche, ou *après* l'éclairement d'un endroit rétinien par de la lumière blanche (contraste simultané et image négative d'un objet blanc). Ces noirs peuvent même devenir tellement intenses qu'ils sont « éclatants » (Hering).

Si nous mélangeons les radiations spectrales deux à deux (dans la proportion où elles se trouvent dans la lumière solaire), nous n'obtenons pas de couleurs nouvelles (sauf le pourpre, pour ceux qui y voient une couleur simple). — D'abord chaque couleur (ou radiation) du spectre a ce qu'on appelle son *complément,* c'est-à-dire que mélangée à cette vibration (dans la proportion où les deux se trouvent dans la lumière solaire), elle donne la couleur blanche. La couleur complémentaire du rouge est le vert bleuâtre, le jaune est complémentaire du bleu, etc. Si elles sont mélangées dans une autre proportion, celle des deux qui y prédomine plus que dans la lumière solaire donne sa teinte (mais pâle), à la sensation résultante. — Le mélange de deux couleurs spectrales non complémentaires donne, suivant certaines règles, une nuance plus ou moins claire d'une des autres couleurs spectrales.

Une couleur spectrale additionnée de lumière blanche (c'est-à-dire son mélange avec des vibrations produisant la sensation blanche), devient de plus en plus pâle, claire, peu saturée comme on dit aussi.

Les radiations de l'éther qui donnent naissance

aux couleurs de la nature, analysées moyennant les prismes, sont toutes très complexes. Elles sont colorées parce que, dans le mélange de radiations renvoyées par les corps, il manque l'une ou l'autre vibration, dont la place est marquée dans le spectre par une bande obscure, et qui est absorbée par le corps qui réfléchit les autres. Dans le mélange ainsi renvoyé, il y a donc d'abord une série de couples de radiations complémentaires, qui toutes produisent la sensation blanche ; puis il y a le complément de la radiation absorbée, qui n'est pas neutralisé en blanc, et qui donne au mélange sa couleur. Toutes les couleurs de la nature sont donc plus ou moins pâles, comparées aux couleurs du spectre.

Les couleurs spectrales sont donc les sensations provoquées par des vibrations éthérées d'une seule espèce. On les nomme souvent simples, en opposition avec les couleurs de la nature, qu'on dit composées. Cette manière de s'exprimer continue à maintenir une équivoque regrettable.

D'après ce que nous venons de dire, la couleur (c'est-à-dire la sensation chromatique) des objets de la nature est, elle aussi, provoquée par une seule radiation. La seule différence est que dans le cas des objets de la nature, cette sensation coexiste avec une sensation plus ou moins prononcée de blanc.

La sensation blanche n'est produite par aucune radiation simple, mais par le concours d'au moins deux radiations (complémentaires), ou encore par le concours de toutes les radiations solaires. Il ne faudrait pas en inférer que la sensation blanche est composée. C'est une sensation simple, autant et

même plus que celle du rouge, celle du bleu, etc. On n'y démêle pas trace d'une sensation colorée. — Il y a plus, le blanc résultant du mélange[1] de divers couples de couleurs complémentaires, ou bien du mélange de toutes les radiations, est toujours identiquement le même blanc. Des excitants très divers provoquent donc dans notre organe visuel le même état de conscience. Or, nous admettons que les sensations visuelles sont déterminées physiologiquement ; il faut donc que ces divers excitants (produisant la même sensation) provoquent dans notre organe visuel un processus physiologique identique, ou au moins identique dans une de ses phases. — De même aussi un certain mélange de vert et de violet (de radiations prises autour des lignes de Fraunhofer E et H) donnent la sensation bleue, et ce bleu est identiquement le même (mais un peu plus pâle) que celui résultant des radiations simples de la ligne de Fraunhofer F. Il en est de même de toutes les sensations colorées. Tout cela prouve l'importance prépondérante qu'a notre organe visuel sur la qualité des sensations lumineuses. Le déterminisme purement physique de ces sensations n'en est pas un, puisqu'il n'est pas univoque, mais multiple, particularité due certainement au déterminisme physiologique de la chromatopsie.

1. *Méthodes pour mélanger les couleurs, ou plutôt les radiations de l'éther.* — Les deux plus employées en physiologie sont les suivantes : *a)* La méthode spectrale, consistant à faire tomber (à l'aide de miroirs par exemple) sur un écran blanc deux radiations spectrales ; *b)* Les disques rotatifs de Masson, portant des secteurs colorés à volonté, et qu'on fait tourner. Grâce à la longue persistance de toute impression lumineuse, les diverses impressions sont comme coexistantes.

L. **Intensité et saturation des couleurs.** — Prenons des points de comparaison dans le domaine des sons. Entre sensations auditives, on fait généralement les trois distinctions suivantes : *a)* celle d'intensité, *b)* celle de hauteur, et *c)* celle de timbre. Du côté de l'agent physique, l'intensité correspond à la force vive des vibrations aériennes sonores ; la hauteur dépend de la longueur d'onde de la vibration, et le timbre enfin de la complication du mélange sonore, du nombre de vibrations simples y contenues, et que l'oreille analyse, d'après HELMHOLTZ, tandis que d'après BONNIER[1] notamment, l'oreille ne l'analyserait pas. Quoi qu'il en soit, on admet généralement qu'on peut faire varier l'une quelconque de ces trois qualités d'un son sans modifier les deux autres.

On a cherché à établir les mêmes distinctions entre sensations visuelles. — Les différences entre couleurs diverses, entre teintes des couleurs, correspondent assez bien aux différences de hauteur des sons. Les unes et les autres sont liées à la longueur d'onde, ou à la réfrangibilité des radiations ; les unes et les autres sont des « *différences qualitatives* » entre sensations visuelles, et correspondent à des différences qualitatives dans l'agent qui les provoque. — La notion de l'*intensité lumineuse* correspond à celle de l'intensité des sensations acoustiques ; elle est assez bien applicable aux sensations blanches. L'intensité de la sensation blanche est prononcée en raison de la force vive des radiations. — Aux différences d'in-

1. BONNIER (P.). *L'Audition* (dans cette collection). Paris, Oct. Doin, 1901.

tensité lumineuse, on donne le nom de « *différences quantitatives* » entre sensations visuelles.

La notion d'intensité perd sensiblement de sa détermination avec les sensations colorées. Une couleur peut être plus ou moins lumineuse, elle peut aussi être plus ou moins colorée. Prenons le spectre solaire. La luminosité diffère beaucoup d'un endroit du spectre à l'autre, et cela nullement avec la force vive des radiations : la luminosité elle aussi est fonction de la longueur d'onde. Elle est la plus forte dans le jaune, faible dans le bleu et plus faible encore dans le rouge et le violet. Ce n'est que si on envisage toujours la même radiation que la luminosité (relative), l'intensité lumineuse est d'autant plus forte que la force vive des radiations est plus grande. — En second lieu, ce quelque chose qui distingue une couleur d'une autre, — nommons-le *ton* ou *teinte* —, est plus ou moins prononcé selon les endroits du spectre : la *saturation* varie d'un endroit du spectre à l'autre. Le jaune, très lumineux, est peu saturé ; le bleu et le rouge sont plus saturés. La saturation des couleurs spectrales est plus ou moins en raison inverse de l'intensité lumineuse. On voit que la saturation est une qualité des sensations lumineuses sans analogie dans les sensations sonores : un son est d'une certaine hauteur, mais il ne peut pas être plus ou moins de cette hauteur, comme un rouge peut être plus ou moins rouge[1]. — Il y a encore la circonstance qu'il est impossible de faire varier l'intensité d'une couleur

1. On pourrait cependant trouver une lointaine homologie entre la saturation des couleurs et le timbre des sons.

sans en modifier la saturation, et vice versa. Bien plus, avec les couleurs non spectrales (voir plus loin, phénomène de PURKINJE) une modification de l'intensité peut changer la teinte elle-même. De sorte qu'une modification de la sensation chromatique étant survenue, on ne sait pas toujours trop si c'est l'intensité lumineuse ou la saturation ou même la teinte qui a varié.

De ces incertitudes résultent des difficultés insurmontables pour l'analyse du déterminisme purement physique des couleurs, difficultés qui sans nul doute sont imputables au déterminisme physiologique tout à fait inconnu des couleurs. En attendant, ce même état des choses rend difficile toute tentative pour remonter des sensations colorées à leurs déterminismes physiologique. — Ajoutons que la nomenclature chromatique donnée dans ce qui précède est celle de HELMHOLTZ. HERING notamment en a imaginé une autre, en rapport avec ses idées à lui sur le mécanisme nerveux de la chromatopsie. — D'aucuns vont jusqu'à prétendre que toute différence quelconque entre sensations colorées est une différence qualitative.

LI. **Du déterminisme physiologique, surtout rétinien, des sensations visuelles. Théories relatives à ce déterminisme.** — Ce que nous savons du déterminisme cérébral des sensations visuelles, se réduit à dire qu'il doit être recherché dans le bobe occipital, et c'est tout. *Quid* du déterminisme rétinien de ces mêmes sensations en général, et des sensations chromatiques en particulier? Car l'axiome du siège cérébral, voire

même cortical, de toute sensation, ne s'oppose nullement à ce que la chromatopsie soit plus ou moins déterminée par des mécanismes rétiniens.

1° *Les cônes et les bâtonnets sont les éléments photo-récepteurs de la rétine.* — Il y aurait d'abord à énumérer les faits d'ordres divers démontrant que les cônes et les bâtonnets sont les véritables organes photo-récepteurs, et dont le principal est que dans la fovea humaine, l'endroit rétinien dont les fonctions de photo-réception sont les plus développées à certains égards, il n'y a que des cônes. Que d'ailleurs les bâtonnets aussi bien que les cônes sont photo-récepteurs, cela résulte de ce fait que chez certains animaux, il n'y a pas de cônes, seulement les bâtonnets (certains mammifères nocturnes et les oiseaux nocturnes), tandis que d'autres (les oiseaux diurnes) n'ont que des cônes, pas de bâtonnets.

2° *Nature du processus de photo-réception.* — Signalons brièvement les diverses modifications que la lumière produit dans la rétine: *a)* Il y a d'abord l' « érythropsine », le « rouge » au « pourpre rétinien », découvert par Boll[1], et que la lumière transforme chimiquement, d'abord en un corps jaune, puis en un corps incolore. Ce rouge rétinien, éminemment altérable à la lumière, pourrait, en se transformant, exciter chimiquement les éléments photo-récepteurs. Il n'existe que dans les bâtonnets (et seulement dans leurs articles externes), et fait donc défaut dans la fovea, dépourvue de bâtonnets. *b)* Sous l'influence de la lumière, les cônes se raccourcissent, et ce raccourcissement pourrait être cause (mécanique) d'excitation nerveuse. *c)* Sous l'influence de la lumière,

1. Boll. *C. R. mensuels Acad. Berlin*, 1876, 12 nov.

le pigment (cristallisé) contenu dans l'épithélium pigmenté de la rétine émigre le long des cônes et des bâtonnets, en glissant sur leurs surfaces. D'aucuns pensent ici à une excitation mécanique des cônes et des bâtonnets. Mais il est plus probable que le rôle de cette migration est autre, et que comme en général dans les organes photo-récepteurs, le pigment constitue aux cônes et aux bâtonnets un écran protecteur contre une lumière trop forte. *d)* Il y a les tensions électriques que la rétine développe sous l'influence de la lumière. On ne sait trop si elles font partie des modifications citées sub *a* et *b*, ou bien de l'excitation d'un autre élément rétinien. *e)* Enfin certaines altérations chimiques sont produites par la lumière dans les noyaux de toutes les cellules rétiniennes (Pergens [1]). — En résumé, les faits relatifs à l'érythropsine plaident puissamment en faveur de la « théorie photo-chimique » de l'excitation rétinienne. Comme le dit Kuehne [2], il se pourrait que les cônes et les bâtonnets hébergent encore d'autres substances altérables à la lumière, mais qui ne seraient colorées sous aucune de leurs formes chimiques. — Néanmoins, on ne saurait écarter tout à fait les contractions des cônes comme cause mécanique de l'excitation nerveuse.

Voilà pour la nature de la photo-réception en général.

3° *Déterminisme rétinien de la chromatopsie.* — De l'interprétation d'un ensemble de faits, les uns de vision chez l'homme, les autres d'anatomie humaine et d'anatomie comparée (Max Schultze [3], A. Charpentier [4],

1. Pergens, *Bull. Acad. roy. Méd. de Belgique*, 1896.
2. Kuehne, in *Handb. de Hermann*, 1879, III.
3. Max Schultze. *Arch. f. mikr. Anat.*, 1886.
4. A. Charpentier. *La lumière et les couleurs*. Paris, 1888.

Parinaud, von Kries[1], A. Koenig[2], etc.), il semble résulter que les cônes seuls interviennent dans la production des sensations chromatiques. Les bâtonnets donneraient lieu à une certaine sensation blanche (voir plus loin « adaptation rétinienne »). Cependant, l'excitation des seuls cônes provoquerait, outre la chromatopsie, également une certaine sensation blanche (voir à ce sujet Parinaud). — Quant au mécanisme plus intime de ce déterminisme rétinien de la chromatopsie, il nous échappe encore tout à fait.

4° *Théories de la vision des couleurs.* — Au manque de connaissances physiologiques sérieuses en fait de chromatopsie, l'esprit systématisant a essayé de suppléer par des hypothèses, par ce qu'on appelle des « théories » sur le mécanisme physiologique de la vision des couleurs. Inutile de dire que ces hypothèses ne sauraient avoir la prétention d'exprimer l'état réel des choses.

La plus célèbre de ces théories est celle de Th. Young, renouvelée par Helmholtz ; elle se place sur le terrain des énergies spécifiques de J. Mueller, et tient compte notamment de l'impossibilité (anatomique) qu'il y a d'admettre en chaque point rétinien une infinité, ou au moins un très grand nombre d'éléments récepteurs, un pour chaque couleur. — Partant du fait bien établi que par le mélange de trois couleurs convenablement choisies, on peut obtenir toutes les teintes imaginables — à la

1. Von Kries. *Abhandl. zur Physiol. d. Gesichtsempfindungen,* 1897.
2. A. Koenig. *C. R. Acad. Berlin,* 1894.

saturation près — cette théorie suppose en chaque endroit trois fibres nerveuses, trois unités photo-réceptrices, dont chacune produirait une sensation colorée. Par leur excitation en proportion différente, ces trois fibres réaliseraient toutes les variétés possibles des couleurs.

Aux trois espèces de fibres, HERING oppose trois substances visuelles. Sa théorie a sur celle de YOUNG l'avantage de tenir compte de l'opposition si manifeste entre les couleurs complémentaires, telle qu'elle résulte notamment des faits de contraste (simultané et successif). Elle introduit toutefois une notion qui ne ressort guère des faits de physiologie générale, savoir que la désassimilation d'une des trois substances visuelles produirait une couleur, et l'assimilation, la reproduction de cette même substance produirait une autre couleur (le complément de la première).

Dans ces conditions, on conçoit que la tendance psychologante trouve dans la vision des couleurs un terrain propice pour ses ébats. Lorsqu'un fait bien observé ne s'explique pas à la lueur d'une des « théories » admise par elle, on l'impute à un « faux jugement ». Nous en verrons de nombreux exemples à propos du contraste (simultané et successif). Nous prévoyons aussi que nous allons retrouver incessamment en présence les deux tendances, dont l'une, plus physiologique, tâche de ramener à des différences dans les processus physiologiques toutes les différences entre sensations visuelles, et dont l'autre, psychologante, explique par des raisons psychologiques, par de faux jugements, les différences entre sensations visuelles dont elle ne saisit pas dès maintenant le déterminisme physiologique.

LII. Chromatopsie suivant l'étendue rétinienne. Daltonisme. — Dans ce qui précède, nous avons vu qu'une même sensation lumineuse peut-être provoquée par des mélanges très divers de radiations éthérées. Néanmoins, nous semblions admettre qu'une radiation donnée, ou un mélange de radiations données, provoque toujours la même sensation lumineuse. Nombreuses sont les exceptions à cette règle, ainsi que cela résulte de l'examen des faits décrits sous les trois rubriques de « champ visuel », de « daltonisme » et de « contraste » (simultané et successif). Au contraste, nous réservons plus loin une rubrique spéciale. Envisageons ici la vision des couleurs suivant l'étendue du champ visuel, ainsi que le daltonisme.

1° Pour ce qui est des variations de la chromatopsie dans le *champ visuel* (champ constitué par tout l'hémisphère situé devant nous, et que nous voyons avec l'œil immobile), généralement on étonne fort les gens en leur démontrant que dans la périphérie de ce champ, on voit généralement les couleurs tout autrement que vers le point de fixation. A l'extrême périphérie, on voit les objets, mais on ne reconnaît pas leurs couleurs. Le jaune et le bleu sont reconnus le plus loin vers la périphérie; puis arrivent le vert et le rouge, et enfin le violet, dont le champ est le moins étendu. De plus, ces champs de couleurs sont entourés de zones dans lesquelles on voit des couleurs, mais « perverties ».

2° *Daltonisme.* — Des faits très frappants sont ceux de daltonisme ; ils consistent en ce que certaines personnes voient les couleurs dans toute l'étendue

du champ visuel tout autrement que la généralité des personnes.

Mon sens intime à moi n'ayant de valeur absolue que pour moi, personnellement (voir pp. 5 et 6), je ne suis pas absolument certain que mon voisin éprouve à la vue du coquelicot la même sensation visuelle que moi, que le firmament lui paraît dans la même teinte qu'à moi. A et B éprouvent à la vue du spectre d'émission du sodium une sensation lumineuse ; mais est-elle la même dans les deux cas ? Depuis leur tendre jeunesse on leur a appris à nommer « rouge » la sensation éprouvée à la vue du coquelicot, et « bleue » celle qu'ils éprouvent à la vue du ciel. Chacun d'eux éprouve toujours la même sensation visuelle à la vue d'objets qui réfléchissent certaines vibrations de l'éther : on leur a imposé un nom pour cette sensation, et ils continuent à désigner cette couleur de ce nom. Ils s'entendent entre eux et ne font aucune confusion — à condition que A fasse une distinction chromatique là où B en fait une. Mais si A, tout en ayant des sensations chromatiques, ne constate plus entre ses sensations une différence chromatique partout où B en constate une, alors il pourra arriver que nous nous apercevions de la différence existant de l'un à l'autre, pour ce qui regarde leurs sensations chromatiques. — Mais un état anormal de la chromatopsie est plus difficile à constater que cela n'en a l'air à première vue. Il ne sert de rien de demander aux gens suspectés d'une anomalie de ce genre les noms de telle ou de telle couleur qu'on offre à leurs yeux. Il y a entre les sensations visuelles des différences autres que la différence éventuelle de couleur ; il y a notamment des différences d'intensité lumineuse, de luminosité. Les « viciés » ont moins de sensations chromatiques que les voyants normaux. Le plus souvent leur spectre est dichromatique seulement, alors que le nôtre est polychromatique.

Or, un tel individu a depuis sa naissance vu les autres faire des distinctions sensorielles (à l'aide de leurs sensations chromatiques) là où lui ne voit que des différences d'intensité lumineuse. Dans la lutte pour l'existence, il lui importe néanmoins de faire entre les diverses lumières des distinctions là où les autres en font ; il s'est donc attaché à apprécier ces différences d'intensité lumineuse là où les autres ont le moyen bien plus expéditif de la chromatopsie, et il a assez bien réussi dans cette tâche, qu'il croit d'ailleurs imposée à tout le monde. — Néanmoins, en bien des circonstances, ce moyen se trouve en défaut. Enfant, en allant cueillir des fraises dans les bois, il rentrait à peu près bredouille, la fraise ayant pour lui la même couleur et à peu près la même intensité lumineuse que le feuillage. Dans cette recherche, il est dans les mêmes conditions que nous, voyants normaux, lorsque nous cueillons des cerises sur une branche de cerisier qui se profile sur le ciel : il se sert de son iconopsie, de son acuité visuelle, et non de sa chromatopsie.

Les « viciés », disons-nous, ont moins de sensations chromatiques que les « voyants normaux ». Notre nomenclature chromatique est donc trop riche pour eux. Et dans beaucoup de cas ils appliquent des noms de couleurs à des intensités lumineuses. Montrez-leur des objets rouges, verts, blancs, etc., ils vous diront généralement les noms des couleurs que nous leur attribuons. Ils appliqueront de même leurs véritables désignations aux différents endroits d'un spectre solaire. Mais en procédant ainsi, on n'examine pas le système des sensations chromatiques du vicié, on examine en réalité sa plus ou moins grande habileté à se servir d'une nomenclature qui n'est pas faite pour ses sensations, mais dont il a appris à se servir assez bien.

Le « vicié » ou dyschromatope donne donc leurs véritables noms aux différents endroits du spectre, de même

qu'il dit la fraise et le coquelicot rouges, et l'herbe verte. — Pour ce qui est du spectre solaire, il réussit à se servir convenablement de notre nomenclature chromatique, parce qu'il peut comparer directement les diverses lumières offertes simultanément à sa vue. Mais son infirmité devient apparente si on offre à sa vue, dans un ordre arbitraire, les différents endroits du spectre isolés. Par exemple, à l'aide d'un écran percé d'une fente, on lui masque la majeure partie du spectre, et on offre successivement à son œil différents endroits du spectre, c'est-à-dire des vibrations simples et isolées. Tout point de comparaison directe, simultanée, lui faisant alors défaut, il emploiera sa nomenclature chromatique à tort et à travers.

Il s'est trouvé que l'immense majorité des viciés font alors les confusions suivantes. Dans notre orangé, par exemple, ils accusent une sensation chromatique réelle, que généralement ils nomment « jaune ». Faisons arriver des rayons moins réfrangibles (notre rouge) ; ils continueront à accuser la même teinte, mais plus sombre. Dans notre vert, ils renseignent la même teinte, mais plus claire et moins saturée. Dans notre vert-bleuâtre, ils voient du grisâtre (ligne neutre). Au delà, dans notre bleu, surgit pour eux une seconde sensation chromatique, qu'ils nomment « bleue », pâle d'abord, peu saturée, et qui va ensuite en se saturant, pour devenir sombre à l'extrémité de leur spectre visible, dans notre violet.

On nomme « *daltoniens* » les viciés ou dyschromatopes de ce genre. Le sens chromatique du daltonien est composé de deux sensations seulement. » Il est « dichromatique », alors que le nôtre est « polychromatique », composé d'une infinité, ou au moins de plus de deux sensations.

Mais quelles sont les deux sensations chromatiques qu'éprouve le daltonien, l'une dans la moitié la plus ré-

frangible du spectre, l'autre dans la moitié la moins réfrangible ? A première vue, la question semble insoluble, à cause de la subjectivité de nos sensations. — Nous avons fait observer[1] (en 1878) que dans la maladie connue sous le nom de scotome central, les malades font au niveau de leur scotome les mêmes confusions de couleurs que le daltonien dans toute sa rétine. Ces malades ont donc le centre rétinien daltonien, alors qu'une zone voisine voit normalement les couleurs. Ils ont un point de comparaison qui fait défaut au daltonien par excellence (qui l'est de naissance). Or ils affirment voir à l'aide de leur centre rétinien du jaune dans la moitié la moins réfrangible du spectre, et du bleu dans la moitié la plus réfrangible. — HOLMGREN[2] a examiné un de ces cas où l'individu fait (depuis la naissance) les confusions de couleurs signalées plus haut, mais seulement avec un œil, l'autre voyant les couleurs normalement. Ce daltonien d'un seul œil a lui aussi son point de comparaison sensoriel tout près. Et le fait est que de l'œil « vicié », il déclare voir du jaune dans la moitié la moins réfrangible du spectre, et du bleu dans la moitié la plus réfrangible.

D'après cela, les deux couleurs du daltonien seraient le jaune et le bleu, la sensation jaune étant provoquée par les longues vibrations, la bleue par les courtes vibrations. Mais dans la moitié jaune du spectre, la saturation a pour lui un maximum dans notre jaune ; cette saturation va en diminuant à droite et à gauche, seulement vers notre rouge, l'intensité lumineuse (du jaune du daltonien) diminue, tandis qu'elle augmente plutôt (pour le daltonien) vers notre vert. Le

1. J.-P. NUEL. L'amblyopie alcool. et le daltonisme. *Bull. Acad. roy. de médecine de Belgique*, 1878, XII, n° 7.

2. HOLMGREN. *Centralbl. f. d. mediz. Wissensch.* Berlin, 1880, pp. 898 et 913.

daltonien voit notre rouge en jaune, mais en jaune sombre ; notre vert, il le voit également en jaune, mais en jaune clair et peu saturé, donc pâle. Le même phénomène se répète dans la moitié la plus réfrangible du spectre : notre violet est vu en bleu sombre par le daltonien ; notre bleu ultra-marin, il le voit en bleu clair.

Les deux couleurs du daltonien ont entre elles les mêmes rapports que deux de nos couleurs complémentaires. Le mélange des radiations qui les provoquent, dans la proportion quantitative où elles se trouvent dans la lumière solaire, provoque la sensation blanche. Si l'une des deux composantes physiques prédomine dans le mélange, la sensation résultante est colorée, de la teinte dont la vibration prédomine ; mais le mélange n'est pas saturé ; il est pâle ; il est d'autant plus saturé que l'une des composantes prédomine davantage.

Ce qui précède fait pressentir quelles couleurs le daltonien voit aux objets de la nature. Ces objets renvoient toujours un mélange compliqué de radiations. Et selon que les radiations moins réfrangibles ou les plus réfrangibles prédominent, ils voient du jaune ou du bleu. Mais ces jaunes et ces bleus sont, d'un objet à l'autre, plus ou moins saturés, plus ou moins lumineux. Et c'est à ces différences de saturation et d'intensité lumineuses que le daltonien a été forcé d'appliquer des noms que nous attribuons aux différentes couleurs. On lui a dit que la cerise est rouge et le feuillage vert ; il est bien forcé d'admettre ces deux dénominations, mais il n'entend pas par ces noms les mêmes choses que nous. Bien entendu, il suppose que tout le monde voit comme lui.

Généralement, un daltonien ne confondra pas le rouge (rouge pour nous) avec le vert (vert pour nous) juxtaposés, surtout s'ils sont bien saturés. L'un et l'autre sont pour lui la même couleur, mais ils diffèrent (pour lui) de saturation et surtout d'intensité lumineuse. L'expérience a

prouvé que les deux couleurs « de confusion » qu'ils confondent le plus aisément sont le bleu et le violet. — La confusion devient plus facile si nous lui présentons une de ces couleurs de confusion à des degrés divers de saturation et d'intensité lumineuse (procédé de HOLMGREN). Un vert sombre (pour nous) pourra être pris par le daltonien pour du rouge, etc., etc.

Les daltoniens sont donc en quelque sorte « aveugles pour le rouge », mais ils éprouvent des sensations lumineuses sous l'influence des radiations qui chez nous provoquent la sensation rouge. — On a décrit des cas rares de dyschromatopsie où ce n'est pas le rouge et le vert qui sont confondus, mais le jaune et le bleu. — Enfin, certaines gens n'éprouvent aucune sensation chromatique. Tout leur paraît de la même teinte (blanche?). On dit que les sensations lumineuses de ces personnes (dites achromatopes) ne diffèrent qu'au point de vue quantitatif, qu'il n'y a entre elles aucune différence qualitative.

Évolution historique du sens chromatique. — GLADSTONE ayant remarqué qu'HOMER a une nomenclature chromatique se réduisant à trois termes, et des observations du même genre ayant été faites chez des peuples primitifs, LAZARUS GEIGER[1] supposa que le sens chromatique se serait développé dans les temps historiques. Il est bien prouvé aujourd'hui que les faits allégués tiennent à une inhabileté du langage, et non à un sens chromatique rudimentaire[2].

LIII. **Déterminisme de l'intensité des sensations lumineuses. Loi de Weber ; loi psycho-physique.** — Les

1. LAZARUS GEIGER. *Zur Entwicklungsgeschichte der Menscheit.* Stuttgart, 1871, p, 56.

2. Voir notamment MAGNUS. *Die geschichtl. Entwicklung d. Farbensinnes.* Leipzig, 1877.

qualités de nos sensations, dit-on, ne sont pas seules à nous guider au milieu des objets qui nous entourent; les intensités de nos sensations y contribuent également : moyennant nos sensations visuelles nous portons des jugements sur la quantité, l'intensité des radiations éthérées qui frappent notre œil.

Nous savons en gros que l'intensité de la sensation blanche, par exemple, croît avec l'intensité de l'excitant. Mais quelle est la relation exacte entre les deux? Il semble, à première vue, qu'il y ait proportionnalité, que quand l'intensité de l'excitant double, triple, etc., la sensation double, triple également. Il n'en est rien. Des observations journalières démontrent que la sensation blanche — pour nous en tenir provisoirement à celle-là — croît plus lentement que l'intensité des radiations qui la provoquent. C'est ainsi que l'ombre projetée par un corps obscur au clair de lune disparaît si on rapproche une forte lumière artificielle. Une ombre projetée à la lumière d'une lampe disparaît de même devant la lumière du soleil. Les étoiles deviennent invisibles à la lumière du jour. — Dans ces différents cas, la différence de l'éclairement objectif (étoile, firmament, etc.), est la même : la lumière solaire ajoute des quantités de radiations égales, tant à l'ombre de la lampe qu'à son entourage, tant à la lumière stellaire qu'au fond du ciel. Nous voyons ainsi que des différences constantes de l'éclairage ne sont plus perçues comme telles si l'intensité totale de la lumière augmente suffisamment.

Si nous pouvions dresser d'une part une échelle des intensités grandissantes de la lumière, c'est-à-dire des radiations lumineuses, et d'autre part, une

échelle des intensités grandissantes des sensations lumineuses dans leur correspondance avec les premières, le problème que nous avons en vue serait résolu ; de l'inspection de cette double échelle, on pourrait déduire la loi qui relie l'intensité de la sensation lumineuse à celle des vibrations de l'éther. Or, nous savons dresser une telle échelle pour l'agent physique (c'est-à-dire pour les vibrations de l'éther), mais nous ne savons pas en dresser une des sensations lumineuses. A certains égards nous savons comparer des sensations lumineuses de même espèce, blanches par exemple. Mais cette comparaison ne va pas très loin ; elle ne dépasse guère la constatation de l'égalité, de la supériorité ou de l'infériorité. Nous savons aussi dire laquelle de trois sensations lumineuses (de même espèce, mais d'intensités différentes) est intermédiaire entre les deux autres. Mais si, dans un cas donné, nous *jugeons* qu'un blanc a un éclat double ou triple d'un autre, cela veut dire que les sensations correspondantes diffèrent, mais il n'en ressort pas que la sensation soit double, triple. En réalité, nous savons d'expérience que telle sensation lumineuse, comparée à telle autre est provoquée par une intensité lumineuse double, triple. Mais la valeur de la différence n'est pas donnée primitivement dans les sensations.

— Wundt explique même ici que l'examen de la double échelle supposée plus haut fournirait une loi exprimant la relation entre les intensités des vibrations de l'éther et notre évaluation de ces intensités, et non pas entre l'intensité des radiations et celle de nos sensations elles-mêmes.

Bien que la solution du problème paraisse provisoirement impossible, essayons d'en préciser divers éléments. — D'abord, la sensation est nulle pour une valeur très faible, mais réelle, de l'excitant. Cette intensité augmentant, finit par produire une sensation, faible d'abord, mais qui augmente avec l'intensité de l'excitant, jusqu'à une certaine limite, au delà de laquelle une augmentation de la lumière n'est plus suivie d'une augmentation de la sensation.

Le minimum de sensation à la limite inférieure a reçu le nom de *seuil* de la sensation. On peut dire que plus est petite la quantité de vibrations de l'éther capable de provoquer le seuil de la sensation lumineuse, et plus est grande la sensibilité à cette lumière. Si chez une personne la quantité de lumière nécessaire à cet effet est le double de celle qui suffit chez une autre, la sensibilité de la première n'est que la moitié de celle de la seconde. C'est là la sensibilité au minimum de lumière perceptible.

En dedans des limites où la sensation croît avec l'excitant, la sensation ne croît pas pour toute augmentation de l'excitant, quelque petite soit-elle. On observe au contraire que pour obtenir une augmentation perceptible de la sensation, l'intensité de la lumière objective doit augmenter d'une quantité assez grande. Nommons *sensation différentielle* ce minimum perceptible de l'augmentation dans la sensation. Elle mène à la conception d'une seconde sensibilité lumineuse, à la *sensibilité aux différences* de l'éclairage. Cette sensibilité est évidemment d'autant plus grande que l'augmentation de l'excitant nécessaire pour être perceptible est plus petite.

Loi de Weber; loi psycho-physique. — Pour ce qui regarde la détermination de la sensibilité aux différences d'intensité de la lumière, nous rencontrons ici la célèbre loi de Weber, qui dans sa portée générale dit ceci : « *Pour qu'une sensation quelconque croisse d'une manière appréciable, il faut que l'excitant augmente d'une fraction toujours la même de son intensité totale*[1]. » Cette loi s'est trouvée vérifiée dans une certaine mesure pour les sensations *blanches* simultanées, juxtaposées. Il se trouve même que de toutes les sensations, les visuelles blanches suivent le mieux cette loi de Weber.

Les expériences afférentes ici, et relatives aux sensations blanches, datent de loin. Dès 1760, Bouguer[2] fit le premier, et Volkmann[3] répéta plus tard les expériences suivantes. Devant un fond blanc on dispose une tige verticale et deux bougies allumées de façon que deux ombres soient projetées sur le fond. Les deux ombres sont égales si les deux bougies sont à égales distances de la tige. Si l'une des bougies est plus loin de la tige, l'ombre correspondante sera plus faible. Cette ombre plus faible est éclairée par la seule lumière L la plus proche ; son entourage est éclairé par les deux lumières $L + l$ (l étant l'éclairage fourni par la lumière la plus éloignée). On éloigne l'une des bougies, et par là on diminue graduellement l'ombre, jusqu'à ce qu'elle cesse, c'est-

1. E.-H. Weber. *R. Wagner's Wörterbuch d. Physiol.*, 1851, p. 559.

2. Bouguer. *Traité d'optique, etc.*, publié par Lacaille. Paris, 1760.

3. Volkmann. *Goettinger Nachrichten*, 1861, p. 170.

à-dire lorsque la différence entre L et $L+l$ cesse d'être visible. Dès lors on a dépassé la limite de la sensibilité aux différences d'éclairage. BOUGUER trouva que pour obtenir cet effet, l'une des lumières devait être environ 8 fois plus éloignée que l'autre ; VOLKMANN trouva qu'elle devait être 10 fois plus éloignée. BOUGUER distinguait donc $\frac{1}{64}$ de l'éclairage total, et VOLKMANN encore $\frac{1}{100}$. Pour VOLKMANN, la sensibilité différentielle aux lumières blanches est supérieure à celle trouvée par BOUGUER, dans le rapport de 100 à 64. D'autres auteurs (MASSON[1], HELMHOLTZ, etc., et déjà BOUGUER) trouvèrent que dans des conditions favorables, cette sensibilité pour les lumières blanches est encore plus grande, et qu'on peut percevoir une différence de l'éclairage de $\frac{1}{150}$, voire même de $\frac{1}{180}$. MASSON employa à cet effet un disque rotatif blanc, sur lequel il avait tracé, suivant un rayon, un épais trait noir interrompu. Pendant la rotation rapide du disque, ces stries noires (allignées radiairement) forment sur le disque blanc des bandes circulaires grises et concentriques, dont les internes paraissent les plus foncées, les périphériques de moins en moins, jusqu'à devenir imperceptibles sur le fond. L'expérience consiste à déterminer jusqu'à quel point on peut encore distinguer les bandes grises, sombres ; puis on calcule pour la dernière bande visible la différence de son éclairement avec celui du disque. — Ce calcul est basé

1. MASSON. *Ann. de Chim. et de Phys.*, 1845, p. 150.

sur la loi bien connue de J. PLATEAU, d'après laquelle l'intensité d'une telle bande est celle qu'on obtiendrait en répandant uniformément sur toute la bande les rayons lumineux réfléchis par sa seule partie blanche.

Dans l'opinion de VOLKMANN, FECHNER, HELMHOLTZ et d'autres, la loi de WEBER se vérifierait pour les sensations blanches dans une étendue assez grande de la variation des intensités de l'éclairage, surtout dans les limites où notre organe visuel fonctionne habituellement. Dans ces limites, la perceptibilité de différences d'éclairage serait donc indépendante de l'éclairage total général. — La non-confirmation de la loi pour de fortes intensités lumineuses, on aime à la mettre sur le compte d'une espèce de lésion de l'organe par la trop forte lumière. Sa non-confirmation aux limites inférieures des intensités lumineuses est mise sur le compte de la lueur propre de la rétine et de l'adaptation (voir plus loin).

AUBERT, le premier, montra que la loi de WEBER est loin d'être vraie pour les sensations blanches, et que la quantité dont il faut augmenter l'intensité lumineuse, pour que la différence devienne sensible, est loin d'être une fraction constante de la lumière totale, même pour des intensités absolues moyennes. Il trouva qu'à partir d'une certaine intensité de l'éclairage, la sensibilité aux différences diminue si on diminue (ou si on augmente) l'éclairage total. HELMHOLTZ lui-même, bien qu'admettant, dans une certaine mesure, le bien fondé de la loi de WEBER, fait remarquer que cette sensibilité aux différences a son maximum pour un fort éclairage diffus du jour, et il cite, à ce propos, l'exemple de la ménagère qui, pour constater la présence d'une

légère tache sur la blancheur du linge, place ce dernier dans la plus grande clarté du jour. Fechner, qui défend le bien fondé de la loi de Weber, prétend que si on regarde des nuages blancs à travers un verre fumé, on n'y distingue ni moins ni plus de détails, de dégradations, qu'à l'œil nu. — A cela nous objectons qu'il est de science commune, que si les nuages sont fort éclairés, le verre fumé y fait certainement apparaître des détails non sensibles à l'œil nu.

On explique par la loi de Weber le fait que la nuit, les objets clairs, comparés à leur entourage obscur, paraissent bien plus éclatants qu'au jour. Les peintres utilisent cette particularité pour représenter les clairs de lune : ils font ressortir les clairs plus fortement que lorsqu'ils représentent un effet de jour. Les plus belles « photographies de clairs de lune » sont celles obtenues au grand jour, moyennant des clichés « durs », mal réussis, qui exagèrent les différences de l'éclairage. — Nous avons dit que le fait que les étoiles sont vues la nuit, et non pendant le jour, rentre partiellement ici. Le jour, l'atmosphère terrestre renvoie vers notre œil une assez grande quantité de lumière ; elle constitue un fond plus éclairé que la nuit, sur lequel doit se détacher l'étoile, et à cet effet, l'intensité des radiations émises par celle-ci doit surpasser d'un cent cinquantième celle des radiations émises par l'atmosphère ; ce qui n'est le cas que pendant la nuit. — Cependant, l'adaptation rétinienne (voir plus loin) joue ici un rôle très apparent ; la preuve en est qu'en plein jour on peut voir les étoiles du fond d'un puits, ou à travers une cheminée (J. Herschel), ou à travers un long tube étroit (télescopes des anciens Assyriens et des Égyp-

tiens) ou encore à travers une lunette non grossissante (ARAGO). — Dans d'autres circonstances, le contraste simultané (voir plus loin), ou l'induction lumineuse simultanée, modifient la « visibilité » d'un astre. Pour voir (dans un télescope) les satellites de Saturne ou ceux d'Uranus, les astronomes doivent offusquer la planète elle-même. — La loi de WEBER est enfin invoquée dans l'explication du phénomène visuel dit de « la goutte noire » (voir plus loin, *Irradiation*).

A l'aide de toutes sortes d'hypothèses, plus ou moins arbitraires, FECHNER a essayé de donner à la loi de WEBER une forme plus mathématique, transcendante. — Une première de ces hypothèses est celle qui pose égaux entre eux les différents accroissements perceptibles de la sensation. Cette augmentation serait une valeur constante comme intensité sensorielle. Soit alors S une sensation équivalente à une intensité J de lumière blanche, et soient s les accroissements successifs, justement perceptibles, de la sensation ; tous sont donc égaux (par hypothèse). Admettons (pour simplifier les calculs) que pour provoquer cette sensation différentielle, il faille augmenter de $\frac{J}{100}$ l'intensité des vibrations de l'éther. Dès lors nous obtenons le tableau suivant :

$$J \text{ donne } S$$

$$J + \frac{J}{100} = \frac{101}{100} J \quad \text{»} \quad S + s$$

$$\frac{100}{101} \cdot J + \frac{\frac{101}{100} J}{100} = \frac{101}{100} \cdot \frac{101}{100} J \quad \text{»} \quad S + s + s$$

$$\frac{101}{100} \cdot \frac{101}{100} J + \frac{\frac{101}{100} \cdot \frac{101}{100}}{100} = \frac{101}{100} \cdot \frac{101}{100} \cdot \frac{101}{100} \cdot J \quad \text{»} \quad S + s + s + s$$

qu'on peut traduire de la manière suivante. *Pour que la sensation augmente de quantité égales, la quantités de lumière objective doit être multipliée par le même chiffre* ; ou bien : *la sensation lumineuse croît en progression arithmétique seulement lorsque l'intensité lumineuse croît en progression géométrique*. C'est là ce qu'on désigne du nom de « loi psycho-physique ».

Une hypothèse de plus, et on arrive à donner à cette loi une forme encore plus transcendante. En effet, lorsqu'on a les deux progressions suivantes, la première, géométrique, la seconde, arithmétique,

$$\because 1 : q : q^2 : q^3 : q^4 \ldots q^m$$
$$\div\ 0 \cdot r \cdot 2r \cdot 3r \cdot 4r \ldots mr,$$

les termes de la seconde sont appelés les logarithmes des termes qui ont même rang dans la première série : mr est le logarithme de q^m. Si donc on part d'un éclairage qui ne donne pas encore une sensation, et qu'on le pose égal à 1, les accroissements des éclairages d'une part et ceux des sensations d'autre part donnent précisément deux progressions de ce genre. Dès lors, on dira que *les sensations croissent proportionnellement aux logarithmes des excitants*.

FECHNER arrive à formuler cette relation logarithmique plus directement, moyennant le langage de l'analyse infinitésimale. D'après la loi de WEBER, nous avons approximativement $dS = A\frac{dL}{L}$, A étant une constante. En intégrant, il vient $S = A \log L + C$, formule qui devient $S = A \log L$, si, comme plus haut, l'on pose égal à 1 un certain éclairage qui ne donne pas encore de sensation.

La loi psycho-physique, surtout avec les allures transcendantes que lui avait données FECHNER, a eu le don de séduire longtemps les esprits. Ne permet-

tait-elle pas d'appliquer à une fonction psychique au moins, aux sensations, les procédés scientifiques de mensuration usités en sciences naturelles? Dorénavant, non seulement on pourrait mesurer les sensations, mais encore on connaissait la loi qui les reliait à leurs causes physiques, et cette loi était du même ordre et de la même rigueur que celle qui préside par exemple à la genèse du mouvement mécanique aux dépens de la chaleur. D'aucuns parlaient déjà de l'équivalent mécanique ou calorique de la sensation !

On remarquera que dans tout cela, le monde physiologique est en somme passé sous silence, comme quantité négligeable en quelque sorte. Tout au plus développait-on que selon toutes les apparences, les faits physiologiques sont reliés aux faits physiques par la simple loi de proportionnalité, qui règlerait de même les liens des divers faits physiologiques entre eux, par exemple celui entre le processus rétinien et le processus dans le nerf optique. On est donc amené (Fechner, etc.), à placer la loi logarithmique non à l'endroit où a lieu l'union du monde physique avec le monde pysiologique, mais au point de contact entre le monde physiologique et le monde psychologique. Ce serait en réalité une loi physiologo-psychologique. Mais le nom de loi psycho-physique pourrait lui être conservé, attendu que les processus physiologiques rentrent absolument dans la catégorie des phénomènes physiques.

Nous avons vu que les faits expérimentaux sont loin d'être conformes à la loi de Weber, et surtout à la formule de Fechner. Bientôt surgirent des essais

de modification de cette loi de (de DELBŒUF[1] et d'autres auteurs). Nous n'entreprendrons pas de les exposer ici.

En résumé, la loi de WEBER est approximativement vraie, mais seulement si on considère des variations de l'éclairage blanc dans des limites étroites des intensités absolues, celles de l'éclairage ambiant, auquel l'organe visuel fonctionne habituellement. En dessous de cette limite de l'éclairage, vers le minimum perceptible, elle n'est plus même approximativement vraie ; il en est de même avec un éclairement excessif. — Quant à la loi de FECHNER, malgré tout le bruit élevé autour d'elle, elle n'a que la valeur d'une curiosité. Non seulement elle suppose, à tort, que la loi de WEBER soit vraie pour des intensités très diverses de l'éclairage; elle est de plus basée sur plusieurs hypothèses gratuites touchant la nature des sensations.

La loi de FECHNER suppose donc que les accroissements successifs et perceptibles de la sensation blanche soient égaux, c'est-à-dire ce que nous avons nommé sensation différentielle aurait une valeur constante; elle admet de plus que la sensation blanche minimale, le seuil de la sensation, serait égal à la sensation différentielle. On aura remarqué que cette loi, à l'aide de laquelle on prétend mesurer la grandeur des sensations, à peu près comme on mesure une étoffe au mètre, commence par affirmer arbitrairement l'égalité entre deux éléments sensoriels. C'est-à-dire qu'elle suppose résolu, au moins dans une certaine mesure, le problème que précisément

1. DELBŒUF. *Mém. Acad. roy. Belgique*, 1873.

elle prétend résoudre. — HERING[1] lui reproche notamment (ainsi qu'à celle de WEBER), de ne tenir aucun compte des sensations noires, qui sont réelles au même titre que les blanches, et qui interviennent puissamment dans la production de l'effet sensoriel total des lumières grises. — Il faut lui reprocher aussi qu'elle ne tient pas un compte suffisant des phénomènes dits d' « adaptation » (voir plus loin), dont l'influence est prépondérante avec de faibles éclairages, mais se fait sentir également avec des éclairages moyens.

LIV. **Les couleurs et la loi de Weber. Phénomène de Purkinje.** — On s'est naturellement demandé si la loi de WEBER est applicable aux couleurs. LAMANSKY[2] puis DOBROWOLSKY[3] recherchèrent de combien il faut faire varier les intensités des couleurs spectrales pour que la différence devienne sensible. Ils trouvèrent d'abord que, tout comme celle pour le blanc, cette sensibilité chromatique a un maximum pour un éclairage moyen, et que de là elle va en diminuant, tant avec l'augmentation qu'avec la diminution de l'éclairage. Suivant LAMANSKY, pour cet optimum de l'éclairage, la sensibilité aux différences d'éclairage serait pour le jaune et le vert de $\frac{1}{286}$, pour le bleu de $\frac{1}{212}$; elle serait donc supérieure à celle pour le blanc (qui est de $\frac{1}{150}$ à $\frac{1}{180}$). Pour le violet elle serait de $\frac{1}{106}$, pour l'orangé de $\frac{1}{78}$, et pour le rouge de $\frac{1}{70}$ seulement, donc moindre que pour le blanc. —

1. HERING (Ew.). *Zur Lehre vom Lichtsinne*, Wien, 1878, p. 73.
2. LAMANSKY. *Arch. f. Ophthal.*, 1871, XVII, 1, p. 123.
3. DOBROWOLSKY. *Ibidem*, 1872, XVIII, 1, p. 74.

Dobrowolsky obtint des résultats un peu différents. — Il ne faudrait pas se figurer que dans ces expériences, on fait varier le seul élément couleur. En réalité, la variation de l'intensité de l'agent physique modifie et l'élément couleur, et l'élément intensité lumineuse. Nous avons déjà dit qu'on ne peut pas faire varier l'un de ces éléments sans modifier l'autre. — Par ces inégalités de la sensibilité différentielle des différentes couleurs, on explique notamment le fait que la couleur bleue est encore reconnue à un éclairage faible, ne permettant plus de reconnaître le rouge, par exemple que le soir on voit encore le bleu d'une fleur, alors que le coquelicot ou une orange paraissent sombres, et même noirs, puis que dans la nuit, lorsqu'on ne voit plus aucune couleur terrestre, le ciel est encore vu en bleuâtre. A ce même point de vue, on explique qu'à un faible éclairage un vert composé (non spectral) bleuit et qu'un orangé (composé) tire au jaune. C'est que, sensoriellement parlant, les radiations les plus réfrangibles doivent prédominer dans le mélange dès que l'éclairage diminue, et cela en vertu de la loi de Weber. Si au contraire l'éclairage augmente très fort, le vert (composé) passe au jaune, et l'orangé au rouge. Ceci est moins bien expliqué, à moins d'admettre que les sensations rougeâtres continuent à croître avec des intensités lumineuses pour lesquelles les sensations bleuâtres ne croissent plus (ou approchent de la limite supérieure des intensités sensorielles).

Les faits de ce genre sont généralement décrits sous le nom de *phénomène de* Purkinje[1]. On sait que la lumière blanche du jour paraît bleuâtre sous une faible intensité et jaunâtre quand le soleil est dans tout son éclat. De là, dit-on, que le même paysage bien éclairé, mais

1. Purkinje. *Beiträge*, II, p. 109.

vu à travers un verre bleu, paraît « froid », tandis qu'il paraît « chaudement et bien éclairé » si on le regarde à travers un verre jaune.

Sous la rubrique « phénomène de Purkinje », on décrit encore des apparences visuelles qui certainement sont en partie au moins du ressort de l'adaptation rétinienne. Soient plusieurs surfaces colorées diversement, mais à peu près également claires, pour un éclairage général donné. Si on diminue l'éclairage total, les couleurs les plus réfrangibles (bleuâtres) prédominent par leur intensité ; si au contraire l'éclairage augmente, les couleurs moins réfrangibles (rouge, orangé), prédominent comme clarté.

Signalons à ce propos une série de raisonnements psychologiques développés par Helmholtz. Comment se fait-il que nous voyons aux couleurs composées en somme toujours les mêmes teintes, avec les éclairements les plus divers, bien que, d'après ce qui précède, le rapport des intensités avec lesquelles les couleurs simples entrent dans le mélange, change notablement. Il me semble, dit Helmholtz, que cela tient à ce que la lumière solaire, que nous considérons comme le blanc normal pendant le jour, subit des modifications. Dans la lumière solaire faible, dit-il, c'est l'impression du bleu qui prédomine, tandis que dans la lumière solaire intense, c'est l'impression du jaune. Et néanmoins la résultante sensorielle est toujours nommée blanche, bien qu'à un fort éclairage elle soit rougeâtre, et bleuâtre à un faible éclairage. Une couleur composée nous paraîtrait donc blanche lorsqu'elle présente le même aspect que la lumière solaire de même intensité. — Avec Hering, nous sommes d'avis que ce sont là des raisonnements bien spécieux, et qu'il ne faut les accepter que sous bénéfice d'inventaire. D'ailleurs, l'adaptation rétinienne paraît jouer dans la production de la plupart des phénomènes signalés ici un rôle insuffisamment éclairci.

Ajoutons enfin que sous le nom de sensibilité aux différences des couleurs, on a exploré et décrit des choses très diverses, et même hétérogènes. C'est ainsi que Aubert[1], Mandelstamm[2] et d'autres ont recherché de combien il faut faire varier la longueur d'onde d'une couleur spectrale pour que la différence de teinte devienne sensible. C'est là une question qui, en un certain sens, n'est plus afférente à la loi de Weber, attendu qu'il s'agit de sensations qualitativement différentes, alors que la loi de Weber est relative aux variations d'intensité d'une seule et même sensation. — En second lieu, Aubert et d'autres auteurs (Woinow[3], etc.) se sont demandé combien d'une couleur il faut ajouter à du blanc ou à du noir pour que le mélange résultant soit manifestement coloré. — Ces recherches multiples sur les couleurs n'ont pas donné de résultats à portée bien grande.

LV. **Adaptation de l'œil à des éclairages différents.** — Tout le monde sait qu'en quittant un endroit peu éclairé pour aller dans un autre très clair, on est d'abord « ébloui », c'est-à-dire qu'on n'y distingue rien nettement, et qu'on a l'impression du « trop de lumière ». Cet éblouissement cesse bientôt, et on y voit mieux. Si maintenant on rentre dans l'endroit moins éclairé, on n'y distingue plus ce qu'on voyait tout à l'heure ; on a l'impression du « trop peu de lumière ». Après un certain séjour dans cette moindre clarté, on finit par y voir de nouveau très bien.

1. Aubert. *Physiol. d. Netzhaut.* Breslau, 1865, p. 151.
2. Mandelstamm. *Arch. f. Ophthal.*, 1867, XIII, 2, p. 399.
3. Woinow. *Ibidem*, 1870, XVI, 1, p. 256.

A un moment donné, notre organe visuel est, comme on dit, « adapté » pour une intensité déterminée de l'éclairage, dans laquelle il s'est trouvé quelque temps, et pour laquelle la sensibilité à la lumière est alors un maximum. Mais alors sa sensibilité pour un éclairage plus faible est amoindrie. Il suffit d'un séjour un peu prolongé dans la moindre clarté pour que l'œil s' « adapte » pour elle ; dès lors la sensibilité pour les petites variations de cet éclairage est devenue exquise, et celle pour les variations de l'éclairage de tout à l'heure, plus fort, est diminuée. Ce dernier éclairage « éblouit » maintenant. — Du fait de l'adaptation, la sensibilité de l'œil à la lumière peut varier énormément, et comme les phénomènes d'adaptation font incessamment sentir leurs effets dans la vie habituelle, il en résulte de nombreuses et graves exceptions à la loi de Weber.

D'après tout ce que nous savons, l'adaptation de l'œil à des éclairages différents est double : il y a une adaptation pupillaire, rapide, mais provisoire ; puis une adaptation rétinienne, plus lente à se produire, mais durable.

1° *Adaptation pupillaire.* — Tout le monde sait que lors d'une augmentation de l'éclairage, la pupille se resserre, et diminue la quantité de lumière qui pénètre dans l'œil, et que lors d'une diminution de l'éclairage, la pupille se dilate et augmente la quantité de lumière pénétrant dans l'œil. Ces mouvements constituent le réflexe rétino-pupillaire (dont la voie centripète est le nerf optique, la voie centrifuge en est le nerf oculo-moteur commun, et son centre est donné dans le noyau d'origine du nerf oculo-moteur

commun). C'est un réflexe pur, se produisant encore après enlèvement ou paralysie des hémisphères cérébraux. Il est bilatéral, ce qui fait que généralement les deux pupilles ont la même grandeur.

Tout cela est bien connu. Ce qui l'est moins, c'est que ces rétrécissements ou ces dilatations pupillaires ne sont pas permanents. Toutes choses restant égales d'ailleurs, la pupille finit par reprendre sa dimension primitive, déterminée par le seul âge du sujet examiné ; mais cela n'arrive que lorsque « l'adaptation rétinienne » est effectuée. — L'utilité, le « but » physiologique de ces variations pupillaires, est de faire en sorte que, précisément, la quantité de lumière pour laquelle la rétine est adaptée pénètre dans l'œil.

2° *Adaptation rétinienne.* — Au bout d'un certain temps, la rétine elle-même s'adapte pour la nouvelle intensité lumineuse, et dès lors l'adaptation iridienne, devenue inutile, disparaît. — Le plus souvent même c'est la seule adaptation rétinienne qu'on entend sous le nom d'adaptation de l'œil à une certaine lumière.

Le mécanisme de cette adaptation rétinienne est loin d'être tout à fait élucidé. On soupçonne que les migrations du pigment rétinien, en vertu desquelles les cônes et les bâtonnets s'entourent, à la grande clarté, d'un fourreau pigmenté, y est pour quelque chose. En second lieu, il résulte de recherches récentes, que la régénération du rouge rétinien est un facteur prédominant de cette adaptation. — Mais examinons de plus près le phénomène de l'adaptation.

L'adaptation rétinienne modifie et la sensibilité aux différences d'éclairage, et le minimum perceptible,

le seuil de la sensation lumineuse. — Pour ce qui est de la sensibilité aux différences, nous avons vu plus haut qu'elle est maximale pour un éclairage « moyen », et qu'elle diminue, tant avec une augmentation qu'avec une diminution de l'éclairage. Or, cet optimum « moyen » de l'éclairage varie avec l'adaptation. Un œil adapté pour un faible éclairage a la sensibilité différentielle réduite pour un éclairage qui en d'autres circonstances, lors d'une autre adaptation, était précisément cet optimum.

L'influence de l'adaptation sur le seuil de la sensation, sur le minimum de lumière perceptible, est peut-être plus grande encore. Elle est telle qu'une détermination de la valeur absolue de ce minimum perceptible n'a guère d'intérêt, à cause de sa variabilité extrême. Par contre, la marche même de ces modifications, et l'influence qu'exercent sur elles la nature de la lumière, c'est-à-dire la longueur d'onde, a mené à des conclusions très intéressantes.

Il y a de cela pas mal d'années, Aubert notamment avait reconnu que la sensibilité pour la lumière blanche, mesurée comme valeur inverse du minimum perceptible, peut devenir en dix minutes 25 fois plus grande, et en 2 heures 35 fois plus grande que celle d'une rétine adaptée pour un éclairage moyen.

Aug. Charpentier s'est beaucoup occupé du minimum de lumière perceptible. Il trouva notamment qu'à la limite inférieure de la sensibilité, cette sensibilité (valeur inverse du minimum perceptible) peut augmenter de 1 000 et de 1 500 fois pour la lumière blanche. C'est-à-dire qu'après un séjour prolongé dans

l'obscurité, il suffit d'une intensité mille fois moindre pour produire une sensation. — Opérant avec des couleurs, il observa qu'à la limite inférieure de leur perceptibilité, toutes les couleurs commencent par produire une sensation blanche, la même pour toutes (c'est la *sensibilité lumineuse brute* de la rétine, de CHARPENTIER [1]), et que la sensation de couleur n'apparaît que si on augmente encore l'intensité des radiations. La « sensibilité lumineuse brute », bien au contraire de celle pour les couleurs, serait en somme la même pour toute l'étendue de la rétine. CHARPENTIER trouva aussi que l'adaptation rétinienne augmente surtout cette sensibilité lumineuse brute, tandis que le seuil de la sensation chromatique serait beaucoup moins abaissé par l'adaptation.

PARINAUD *(loc. cit.)* trouva que la sensation de lumière incolore, produite par toutes les vibrations éthérées visibles, à la limite inférieure de leur visibilité, n'est pas un fait absolu, mais résulte uniquement de l'adaptation de la rétine. Il montra que le phénomène est intense surtout pour les couleurs les plus réfrangibles ; le rouge pur ne le présenterait même pas du tout, et produirait toujours d'emblée la sensation de couleur. Enfin, le seuil de la sensation de couleur ne serait pas du tout influencé par l'adaptation.

L'accroissement de la sensibilité résultant de l'obscuration intéresse inégalement les rayons de longueurs d'onde différentes. Nul pour le rouge (chose

1. A. CHARPENTIER. *La lumière et les couleurs*. Paris, 1888, p. 209.

contestée par Charpentier et d'autres), il commence (d'après Parinaud) vers la raie de Frauenhofer C, et augmente ensuite avec la réfrangibilité ; il atteint des valeurs excessives pour le bleu et le violet. — Et un accroissement de la sensibilité ne porte, d'après Parinaud, que sur l'intensité lumineuse de la couleur qui, tout en paraissant plus lumineuse, devient moins saturée. L'effet serait à peu près le même que celui de l'addition de lumière blanche à une couleur. — D'après Parinaud donc (confirmé par von Kries[1]), le rouge reste toujours rouge ; il est senti comme tel ou il ne l'est pas du tout, quel que soit le degré d'adaptation de la rétine. — Enfin, d'après Parinaud (confirmé par von Kries, combattu par A. Charpentier et d'autres), l'adaptation ferait défaut dans la fovea, qui aurait toujours la sensibilité d'une rétine adaptée à un fort éclairage, et toute lumière simple y déterminerait d'emblée une sensation de couleur.

LVI. **L'adaptation rétinienne, fonction des bâtonnets et du pourpre rétinien.** — En se basant sur les particularités de l'adaptation rétinienne, Parinaud d'abord, von Kries ensuite, ont émis l'hypothèse suivante, très séduisante, sur les fonctions rétiniennes imputables aux bâtonnets et aux cônes.

L'on sait que dans la fovea et dans la partie avoisinante de la macula, la couche photo-réceptrice de la rétine humaine ne renferme que des cônes ; que dans

1. Von Kries. *Abhandl. z. Physiol. d. Gesichtsempfindungen*, 1897.

la macula, les bâtonnets apparaissent d'abord discrets, un seul entre deux cônes, puis, plus loin, deux, trois, quatre et cinq entre deux cônes voisins, et qu'à la périphérie rétinienne, il n'y a que de loin en loin un cône au sein de la forêt des bâtonnets.

D'autre part, il y a le fait du pourpre rétinien ou érythropsine, découvert par Boll. La rétine d'un animal (ou de l'homme) tenu dans l'obscurité est rouge ou plutôt pourpre, du fait d'une substance rouge qui imprègne les articles externes des bâtonnets. Mais cette substance (et la rétine) blanchit très rapidement sous l'influence de la lumière: c'est la célèbre photo-réaction rétinienne à la lumière, de nature chimique. — L'érythropsine n'existe donc pas dans la fovea, mais s'accumule dans le restant de la rétine chez l'animal tenu à l'obscurité. D'autre part, seuls les rayons lumineux dont l'action sur l'appareil visuel est influencée par l'adaptation (voir plus haut) blanchissent la rétine, transforment chimiquement l'érythropsine en une substance incolore.

Parinaud et von Kries admettent donc que l'adaptation rétinienne, au moins celle aux faibles clartés, est fonction du pourpre rétinien. Cette adaptation surgit dans les circonstances où le pourpre se régénère; elle ne se produirait pas dans la fovea, dépourvue de bâtonnets, et partant d'érythropsine. Au surplus, A. Koenig a démontré que l'érythropsine s'altère précisément sous l'influence des radiations sur la perception desquelles l'adaptation a l'influence la plus manifeste.

Les bâtonnets ne donneraient qu'une sensation de lumière blanche, et seraient excités par la modification

photo-chimique de l'érythropsine. — Les cônes seuls, éléments dépourvus d'érythropsine, pourraient provoquer des sensations colorées. En effet, bien développée dans la fovea et dans la macula, la chromatopsie diminue vers la périphérie rétinienne, à peu près comme le nombre des cônes. — Cependant, on commettrait une erreur en admettant que les bâtonnets sont affectés à la perception des sensations blanches et les cônes à la perception des couleurs. Les choses ne sont pas aussi simples que le suppose une idée généralement répandue en clinique, et qui distingue entre un « *sens de lumière* » et un « *sens de couleurs* ». A diverses reprises, nous avons insisté sur ce fait que généralement on ne peut pas faire varier l'intensité lumineuse d'une couleur sans en modifier la teinte, ou au moins la saturation, et vice versa. Les choses ne se comportent pas comme si les sensations blanches étaient le fait d'un élément nerveux et la sensation colorée le fait d'un autre élément.

Une rétine blanchie à la lumière provoque une chromatopsie en somme normale, mais en même temps des sensations blanches, d'intensité lumineuse, et cependant, seuls les cônes paraissent fonctionner dans ces conditions. — Ce qui semble être fonction des bâtonnets, c'est la sensation blanche, brute, étudiée par Charpentier, et que produisent seuls les rayons les plus réfrangibles en agissant sur une rétine tenue préalablement obscurée. — Un homme se promenant au soleil a la rétine blanchie ; il ne verrait qu'avec ses cônes. A un très faible éclairage, nous ne verrions qu'avec nos bâtonnets.

Ajoutons enfin que les bâtonnets aussi bien que les cônes serviraient à distinguer les objets environnants ; au grand jour ce seraient les cônes : à un faible éclairage, les bâtonnets. Seulement l'acuité visuelle des bâtonnets serait toujours inférieure à celle des cônes : elle irait (von Kries) tout au plus à un quart de celle des cônes de la fovea. A un très faible éclairage, la fovea, dépourvue de bâtonnets, serait en réalité aveugle, et nous regarderions avec une partie excentrique de la rétine. — L'acuité visuelle habituelle, au grand jour, serait celle des seuls cônes. On relève à ce propos que, de même que la chromatopsie, l'acuité visuelle au grand jour a son maximum dans la fovea, et qu'elle diminue progressivement vers la périphérie rétinienne, à peu près dans la mesure où diminue le nombre des cônes. — Nous posons la question de savoir si le fait surprenant que deux étoiles ne sont distinguées que sous un angle visuel de 5 minutes, même dans les conditions les plus favorables (Mauthner [1]), alors que deux points terrestres le sont sous un angle d'une minute et moins, ne tient pas à ce qu'en somme nous regarderions toujours les étoiles avec nos bâtonnets, et non avec nos cônes.

Il y a déjà longtemps que Max Schultze [2] avait fait observer que les animaux nocturnes (hiboux, chauves-souris, etc.) ne possèdent pas de cônes, mais seulement des bâtonnets. Ce sont des animaux éblouis au grand jour, et y voyant assez bien à une obscurité non absolue. Par contre, les oiseaux diurnes ne renferment pas de bâtonnets, et seulement des cônes. Or, les oiseaux diurnes de-

1. Mauthner. *Die optischen Fehler d. Anges*. Wien, 1872, p. 125 (Hooke, 1705, avait prétendu, et la chose était acceptée, que l'œil distingue deux étoiles sous un angle d'une demi-minute).

2. Max Schultze. Zur Anat. u. Physiol. d. Retina. *Arch. f. mikr. Anat.*, 1866.

viennent aveugles déjà à un éclairage crépusculaire qui nous permet à nous d'y voir encore assez bien. — Ajoutons à cela que beaucoup d'oiseaux diurnes ont des photoréactions très affinées, sous la forme d'icono-réactions (voir p. 97).

L'adaptation rétinienne, entendue dans le sens de Parinaud, explique certaines observations desquelles il résulterait une certaine infériorité de la vision fovéale, comparée à celle de la périphérie rétinienne. Depuis longtemps, les astronomes (Cassini, Herschel, cités par Arago) avaient remarqué que, pour voir des étoiles peu lumineuses, il faut les fixer excentriquement (avec une excentricité de 10° et même de 13°). Arago[1] explique que pour voir dans une lunette les satellites de Saturne, ou ceux d'Uranus, « il faut diriger sa vue à quelque distance du point où le satellite se trouve » ; et que, « pour apercevoir un objet très peu lumineux il faut ne pas le regarder ». — Tout le monde sait que pour voir devant soi sa route, dans une nuit profonde, il faut la fixer excentriquement.

Notons d'abord que la « vision » dans ces différents cas n'est pas tant une question d'acuité visuelle, c'est-à-dire de distinction de deux points, qu'une perception de clartés minimales (abstraction faite de toute perception de détails et de forme). C'est en réalité une question du minimum de lumière perceptible, le plus souvent sous un petit angle (voir p. 334).

Aubert suppose que dans les expériences astronomiques, la périphérie rétinienne, moins éclairée, est adaptée pour de moindres clartés. L'explication ne s'applique pas au cas de celui qui se promène dans

1. Arago. *Astronomie populaire*, 1857, p. 189.

une nuit obscure. D'aucuns (SACHS, etc.) attribuent cette insensibilité relative du centre rétinien à l'absorption de la lumière (des rayons bleus) par le pigment jaune qui imprègne l'entourage de la fovea *(macula lutea)*. Mais PARINAUD fait observer avec raison que cette substance n'existe pas dans la fovea. De son côté il explique l'insensibilité relative de la fovea, dans l'obscurité (insensibilité qui n'existe pas à la lumière du jour), par l'absence de bâtonnets dans la fovea, à la non-participation de la fovea (privée d'érythropsine) à l'accroissement de sensibilité qui caractérise l'adaptation à de très faibles clartés.

LVII. **Irradiation. Phénomène de la goutte noire.** — Un carré blanc sur fond noir paraît plus grand qu'un carré noir, d'égales dimensions, sur fond blanc. Une règle tenue devant une lumière paraît échancrée au niveau de la flamme, etc., etc.

Pour une bonne part, ces phénomènes, dits d'irradiation, sont imputables aux imperfections de notre système dioptrique, en vertu desquelles les images rétiniennes ne sont pas d'une netteté absolue ; une image blanche sur fond noir est agrandie. — Mais pourquoi ne voyons-nous pas les bords de l'objet clair et irradiant moins clairs que le reste de l'image ? C'est, dit-on, qu'en vertu de la loi de WEBER, la différence d'éclairage entre le carré blanc de plus haut et les cercles de diffusion qui l'entourent est, dans une certaine étendue de l'image, trop petite pour être perçue.

Si on rapproche l'index et le pouce au-devant d'une lumière, on voit, avant qu'ils ne se touchent, comme une goutte noire combler l'espace entre les deux doigts. Cette « goutte » noire est un fait d'irradiation. — Lorsqu'un astre passe au-devant du soleil, le même phénomène se

produit et rend impossible de déterminer le moment exact où une planète touche et celui où elle quitte le disque solaire.

LVIII. **De la « visibilité » de points, de petites et de grandes surfaces.** — Sous le nom de visibilité d'un objet, on comprend généralement deux choses : *a)* le minimum d'éclairement perceptible, et *b)* la plus ou moins grande impression lumineuse que l'objet fait sur nous. Nous n'envisagerons que la visibilité de corps blancs. — On remarquera qu'il ne s'agit là nullement de l'acuité visuelle, mais que c'est une question, tantôt de seuil de la sensibilité, et tantôt de sensibilité différentielle.

La visibilité d'un point dépend uniquement de son éclat, de l'intensité des radiations émises par lui, et qui tombent dans l'œil. Un point plus lumineux est vu de plus loin qu'un autre qui est moins éclairé, et vice versa. Un même point est vu d'autant moins clair qu'il est plus loin ; avec un certain éloignement, dépendant de son éclat, il disparaît : tout cela parce que l'image rétinienne d'un point est elle-même un point (ou à peu près), et que son éclairement est en raison de la quantité de radiations émises par le point lumineux et qui pénètrent dans la pupille.

Il en est de même de la visibilité d'une surface éclairée, pourvu qu'elle soit d'une certaine étendue, ou plus exactement pourvu que son image rétinienne ait une certaine étendue, ou encore pourvu qu'elle se présente sous un angle visuel assez grand. Dans ces conditions, le minimum de l'éclairement qui la rend visible, et l'éclat qu'on lui voit, ne dépendent que de l'éclat absolu de la surface, c'est-à-dire de la quantité

de radiations émises par chacun de ses points. Ainsi qu'ARAGO[1] l'a bien développé, dans ces conditions, la quantité de radiations que reçoit un point rétinien est la même, que la surface éclairante soit plus ou moins couverte, qu'elle soit vue de près ou de plus loin (abstraction faite de la perspective aérienne voir p. 263, et toutes choses étant d'ailleurs égales, notamment la grandeur de la pupille, l'adaptation rétinienne, etc.). Cela s'entend de soi-même si on offusque la surface partiellement, à l'aide d'un diaphragme suffisamment grand. Quant aux variations de l'angle visuel en suite de modifications de l'éloignement, on remarquera que si la quantité de radiations émises par la surface et parvenant dans l'œil est en raison inverse du carré de la distance, la grandeur de l'image rétinienne varie elle aussi en raison directe du carré de la distance. L'une influence neutralise l'autre, pour ce qui regarde l'éclairement de chaque point rétinien.

Mais cela n'est plus vrai lorsque la surface est d'une certaine petitesse, ou plus exactement lorsque son image rétinienne (ou sa grandeur angulaire) descend en dessous d'une certaine limite. Alors la visibilité d'une surface dépend et de son éclairement absolu (quantité de radiations émises par chaque point) et de sa grandeur (quantité de points radiants). La visibilité d'une petite surface croît et avec le rapprochement et avec son éclairement absolu. De plus, une petite surface paraît d'autant plus claire qu'elle est vue de plus près. L'une influence, peut compenser

1. ARAGO. *Loc. cit.*, p. 139.

l'autre. (RICIO [1], AUBERT A. CHARPENTIER, etc.), et à la limite de la visibilité, le produit de la surface par l'intensité lumineuse a une valeur constante (RICIO).

A cette particularité de la visibilité d'une petite surface, A. CHARPENTIER, AUBERT et d'autres assignent l'explication suivante. L'état fonctionnel d'un élément rétinien serait renforcé par celui de ses voisins immédiats. Insuffisant par lui-même pour provoquer une sensation, il le deviendrait par le renforcement qui lui vient des éléments rétiniens voisins. Il s'agirait là d'une espèce d'irradiation physiologique, d'une irradiation de la photo-réception.

Il est plus simple d'assigner avec LEROY [2] à ces phénomènes visuels une cause dioptrique. Les diverses imperfections dioptriques du système réfringent font que l'image rétinienne d'un point n'est jamais un point, mais une petite surface. Par suite de cette diffusion latérale de la lumière, l'éclairement de l'image rétinienne d'un point se trouve diminué; mais si plusieurs points sont juxtaposés de très près, ou si on opère avec une petite surface, l'éclairement provenant d'un point est renforcé par celui des voisins, et l'éclairement absolu (de chaque point rétinien) est d'autant plus grand que la surface est plus grande. Il s'agirait d'un phénomène purement physique, du même qui selon toutes les apparences produit les phénomènes dits d'irradiation.

Si on opère avec de petits disques colorés, les phénomènes sont très complexes. La sensibilité chromatique,

1. RICIO, ANNIBALE. *Annali d'Ottalm.*, 1877.
2. LEROY. De l'irradiation. *Arch. d'Ophthalm.*, 1882 et 1883.

l'adaptation pour des faibles éclairages, et surtout les phénomènes de contraste, y interviennent tous.

A cause de leur éloignement, les étoiles fixes sont vues toujours comme des points, même dans les télescopes les plus « forts ». — L'éclat apparent de l'étoile fixe augmente avec la grandeur de la lentille ou du miroir « de front ». L'agrandissement télescopique dépend de l'oculaire ; il ne modifie pas l'éclairement de l'étoile (fixe), mais diminue la lumière émise par le firmament, d'où deux causes qui font que l'éclat que nous voyons à une étoile fixe, *i. e.* sa visibilité, augmente avec la « puissance » du télescope. — Les choses sont tout autres pour les planètes et leurs satellites envisagés isolément. Leur grandeur angulaire, c'est-à-dire la grandeur de l'image rétinienne, augmente avec la force agrandissante du télescope. Aussi à partir d'une certaine grandeur angulaire de leurs disques (grandeur obtenue à l'aide du télescope), leur visibilité diminue avec l'agrandissement télescopique (voir aussi une remarque faite à la page 333).

LIX. **Contraste simultané et successif. Induction lumineuse simultanée et successive. Images accidentelles positives et négatives.** — Dans cette rubrique, nous décrivons un ensemble de phénomènes constituant de graves et importantes exceptions aux lois précédemment établies sur les déterminismes purement physiques de la qualité et de la quantité des sensations lumineuses. Ces faits démontrent d'une part qu'un même éclairement d'une partie rétinienne peut, selon l'état momentané de cette membrane, provoquer une sensation, ou n'en pas provoquer ; elle peut aussi provoquer des sensations d'intensité très diverses ; elle peut en provoquer une blanche, ou une colorée de l'une ou l'autre teinte du spectre solaire. Tout cela

fait sentir la proéminence du déterminisme physiologique dans la production des sensations visuelles.

La nomenclature des faits afférents ici est assez variable d'un auteur à l'autre. Le terme « contraste lumineux », employé la première fois par Chevreuil[1] comme désignation générique, est généralement préféré par les auteurs qui donnent à certains de ces phénomènes une explication psychologique, les mettant sur le compte de faux jugements : la qualité et la quantité d'une sensation pourrait n'être qu'imaginaire, au moins partiellement, sans processus physiologique correspondant. — Le terme « d'induction lumineuse » est généralement préféré par les auteurs qui revendiquent pour les phénomènes une explication physiologique. Il en est résulté que le mot « contraste » lumineux a un fort arrière-goût psychologique qui n'adhère guère au terme « induction » lumineuse.

Si les apparences lumineuses en question apparaissent *pendant* l'éclairement d'une partie rétinienne, on parle de « contraste simultané » ou d' « induction lumineuse simultanée ». Si l'apparence visuelle apparaît *après* que l'éclairement d'une partie rétinienne a cessé, on parle « de contraste successif » ou d' « induction lumineuse successive » ou « succédanée ».

Souvent on emploie le mot « contraste » dans un sens plus restreint, dans celui du contraste simultané. — Sous le nom d' « images accidentelles négatives », on a décrit la majeure partie des faits d'induction lumineuse successive.

1. Chevreuil, *Mém. de l'Institut*, 1832.

Aucun de ces phénomènes n'a encore reçu une explication satisfaisante, et on le conçoit, car, selon toutes les apparences, leur déterminisme est exclusivement physiologique, et le déterminisme physiologique de la chromatopsie est inconnu. Aussi nous voici sur un terrain des plus favorables pour l'éclosion d' « explications psychologiques ».

1° *Images accidentelles (positives et) négatives.* — Généralement, on continue à voir une lumière ou un objet quelque temps après son apparition. Immédiatement après la disparition de l'objet, on continue à le voir une fraction de seconde tel qu'il est — *image accidentelle positive* —; puis apparaît une autre image, plus durable, dans laquelle les clartés et les teintes sont renversées : les blanches sont devenues noires et vice versa, les couleurs sont transformées dans leurs teintes complémentaires — *image accidentelle négative.* — Les images positives s'observent le mieux après un éclairage instantané ; les négatives après une fixation prolongée. Occupons-nous ici des images négatives, en nous bornant à rappeler les faits fondamentaux.

Fixons pendant une demi-minute et plus un disque blanc sur fond noir, de dimensions modérées, puis présentons au regard immobile un fond uniformément gris : bientôt le disque clair de tout à l'heure apparaîtra en obscur sur le fond plus clair. Si le disque clair de tout à l'heure avait été noir sur fond clair, il serait apparu sur le fond uniforme en clair, le restant du fond paraissant plus obscur.

Au lieu d'un fond clair ou noir, prenons-en un coloré. Après enlèvement du disque, son endroit pa-

raîtra teinté de sa couleur complémentaire. Si le fond uniforme est lui-même teinté uniformément, sa couleur est modifiée au niveau de l'image négative du disque comme si on avait ajouté à cette couleur un peu du complément du disque.

Ainsi, selon l'état momentané de notre rétine, de notre appareil visuel, une même lumière peut paraître claire, noire, rouge, verte, bleue, etc., teintée des nuances les plus diverses de l'arc-en-ciel.

Les mêmes phénomènes s'observent si, au lieu de fixer de seconde main un fond uniforme, on ferme les yeux et qu'on les tient immobiles : les parties claires paraissent sombres, et les parties colorées sont remplacées par leurs compléments. — Ce sont les images accidentelles négatives développées en champ visuel obscur.

Newton, paraît-il, inclinait à voir dans les images accidentelles un pur produit de notre imagination, c'est-à-dire qu'il penchait vers une explication purement psychologique des images négatives. — Du côté des physiciens, nous avons à signaler la théorie de J. Plateau, d'après laquelle le fonctionnement de la rétine serait suivi d'une oscillation (c'est-à-dire d'une activité) en sens contraire.

Une explication beaucoup en faveur est celle de Fechner et Helmholtz. Les images positives étant expliquées par la durée de l'impression rétinienne, les négatives seraient dues à la fatigue rétinienne. Lors de la fixation prolongée du disque blanc de plus haut, la partie rétinienne éclairée se fatiguerait, et maintenant une même impression lumineuse y produirait une moindre excitation, un processus physio-

logique moins intense que sur les parties rétiniennes voisines, non éclairées préalablement. — Quant aux images négatives de couleurs, il faut supposer que la contemplation d'une couleur fatigue ou épuise la rétine seulement pour les vibrations correspondantes à cette couleur. Le résultat de cette fatigue partielle serait le même que si dans le mélange lumineux compliqué, on diminuait l'intensité d'une seule radiation : la radiation complémentaire devrait y dominer relativement.

Quant aux images négatives colorées en champ visuel obscur, on invoque, en plus de la fatigue rétinienne, le chaos lumineux. Cette lueur propre de la rétine est expliquée généralement par une faible excitation de tout l'appareil optique du chef de la nutrition interstitielle. Cette lueur propre ferait, en l'occurrence, l'office du fond gris de tout à l'heure. Sur une portion rétinienne fatiguée pour le rouge, par exemple, la lueur devrait prendre la teinte complémentaire du rouge, c'est-à-dire devenir verte.

La théorie de la fatigue rétinienne fut poussée dans ses dernières conséquences par Helmholtz, qui la combina avec la théorie de Young relative aux trois énergies spécifiques de la rétine. On parvient ainsi à rendre compte de la qualité des teintes dans les images négatives. De plus, l'explication est ramenée sur le terrain physiologique, car elle admet que les différences sensorielles qualitatives sont occasionnées par des différences dans le processus physiologique.

Mais cette théorie est absolument impuissante à rendre compte des intensités lumineuses et des sa-

turations violentes qu'on peut observer dans les images négatives. Dans bien des circonstances, l'image négative d'un détail obscur paraît infiniment plus claire que le chaos lumineux. Dans une telle image négative développée en champ obscur, les couleurs sont souvent d'une pureté ou saturation très grande, et d'une intensité qui dépasse certainement celle du chaos lumineux ; ce sont souvent des sensations comparables à celles que nous procure un spectre solaire intense. Cette intensité ne saurait donc être déduite de la lueur propre.

Dans cette extrémité, les partisans de la théorie de la fatigue rétinienne ont recours au « faux jugement ». D'après eux, il s'agit d'une question de contraste simultané; et le contraste simultané, Helmholtz le met sur le compte d'un faux jugement. Là où la clarté nous paraît si forte dans l'image négative, il n'y aurait en réalité pas de sensation plus forte ; il n'y aurait pas non plus un renforcement du processus physiologique qui constitue la lueur propre. En réalité il n'y aurait dans tous ces phénomènes qu'une diminution du processus physiologique qui occasionne la lueur propre, ainsi qu'une diminution de la sensation correspondante; seul notre « jugement », c'est-à-dire un facteur purement psychique, serait fautif, en faisant croire à un « plus » là où il n'y a rien de changé, ou plutôt où il y aurait un « moins ». — Nous verrons plus loin les raisonnements, assez spécieux, qu'on allègue comme menant à ces « faux jugements » sur des intensités lumineuses.

En fait d'auteurs marquants qui combattent cette tendance spiritualiste en la question, nous avons

d'abord J. PLATEAU, puis HERING. J. PLATEAU[1] considère les clartés dans les images négatives comme résultant d'une activité nouvelle de l'appareil nerveux optique. En sa qualité de physicien, il se contente de supposer que la rétine ébranlée dans une direction tend d'elle-même à exécuter une oscillation opposée, à peu près comme un pendule, une fois ébranlé, exécute des oscillations autour de son point d'équilibre.

Une théorie de ce genre a été plus récemment émise par HERING, mais dans un habillement plus physiologique. HERING réussit à comparer ces lueurs dites subjectives directement avec des clartés réelles, et démontra ainsi que dans des circonstances favorables, la lueur propre d'une partie rétinienne dite « fatiguée » est réellement supérieure à la lueur propre d'une autre partie rétinienne nullement fatiguée, ou qu'elle est supérieure à une clarté objective perçue par une partie rétinienne reposée. — En réalité, dit-il, ces fortes clartés et ces fortes obscurités dans les images négatives sont réelles; elles doivent être provoquées par une activité nouvelle de la rétine (ou d'une autre partie de l'appareil visuel). Ces fortes clartés des images négatives exigent une explication physiologique, supposent des processus physiologiques qui occasionnent les sensations lumineuses. Là où la sensation est renforcée, le processus physiologique qui lui donne naissance est renforcé également. Là où la qualité de la sensation est modifiée, nous devons

1 PLATEAU (J), *Ann. de Chimie et de Physique*, LIII, p. 386.

supposer une modification parallèle du processus physiologique.

Reprenons avec Hering l'expérience fondamentale de plus haut (p. 341). Qu'on regarde un peu longtemps (une demi-minute et plus), à un éclairage modéré, le centre d'un petit disque blanc sur large fond obscur, qu'ensuite on ferme les yeux et qu'on les protège de plus contre toute pénétration de lumière à travers les paupières, on verra apparaître sur le fond obscur un disque encore plus obscur, l'image négative en champ obscur. Mais ce disque est entouré d'une auréole plus claire, intense contre le disque obscur, et se perdant insensiblement dans le fond obscur. — Si, au lieu d'opérer avec un disque blanc, on procède avec un coloré, l'image négative dans le champ visuel obscur sera teintée de la couleur complémentaire du disque, et l'auréole aura la teinte même du disque.

Helmholtz voyait dans l'auréole un effet de contraste, et les effets de contraste, il les met (voir plus loin, p. 349) sur le compte d'un « faux jugement ». En réalité, les sensations en question n'existeraient pas, ou plutôt il n'y aurait là que la lueur rétinienne habituelle très affaiblie ; les plus grandes clartés y seraient imaginaires.

Par des expériences absolument démonstratives dans leur simplicité, Hering met à néant ce raisonnement de Helmholtz. Il établit de plus que cette auréole contribue puissamment à produire les clartés, les noirs et les couleurs dans les images négatives (voir plus loin).

2° *Contraste simultané.* — Un petit morceau de papier gris, placé sur un fond blanc (feuille de papier blanc) paraît d'emblée obscurci ; placé sur un fond noir (velours) il paraît plus clair. Placé sur un fond coloré, il en prend manifestement la couleur complé-

mentaire. Sur fond coloré, la teinte d'un fragment de papier coloré est modifiée, comme si on lui avait ajouté de la couleur complémentaire de celle du fond. Du rouge placé sur vert est donc renforcé; une autre couleur placée sur le vert est plus ou moins altérée dans le sens indiqué. — Si l'on juxtapose deux couleurs complémentaires, elles se renforcent mutuellement dans les mêmes circonstances; deux couleurs non complémentaires se modifient, se contrarient plus ou moins. Ce sont là autant de phénomènes de contraste simultané ou d'induction lumineuse simultanée. — Les phénomènes de contraste coloré sont surtout manifestes lorsqu'on expérimente sur des couleurs peu intenses et peu saturées; une manière pratique de les obtenir, c'est de couvrir d'un papier de soie (translucide) une feuille de papier fortement coloré, puis d'insinuer un fragment de papier gris entre les deux. Vu à travers le papier de soie, le fragment gris prend la couleur complémentaire du fond.

Le phénomème célèbre des *ombres colorées* est un exemple de contraste simultané. Dans un appartement où ne pénètre qu'une petite quantité de lumière diffuse du jour, et d'un côté seulement, on dispose une bougie allumée devant un papier blanc. Ce dernier est éclairé uniformément, et par la lumière du jour, et par la bougie, c'est-à-dire par un mélange lumineux jaunâtre. On place maintenant une tige (un crayon par exemple) de façon qu'il projette sur le papier deux ombres, dont l'une ne contient (et ne renvoie) que la lumière jaunâtre de la bougie, et l'autre seulement la lumière blanche du jour. Le fond renvoie

un mélange des deux lumières ; il est un peu jaune. La première ombre, éclairée par la seule lumière de la bougie, de la même teinte que le fond, paraît jaune. Mais celle qui renvoie la lumière (blanche) du jour paraît manifestement dans un bleu complémentaire du jaune (du fond). — On peut placer entre la bougie et le crayon un large verre coloré en rouge, en vert, en bleu, etc., ce qui rend rouge, verte, bleue, etc. la teinte générale du papier, et du coup la lumière de l'ombre qui ne renvoie que la lumière (blanche) du jour prend manifestement toujours la teinte complémentaire. — Ainsi selon l'éclairage de son entourage, une même lumière blanche paraît tantôt plus claire, tant plus obscure, tantôt rouge, tantôt verte, tantôt bleue, bref dans toutes les teintes du spectre.

Ces phénomènes de contraste simultané sont du reste d'une observation journalière. Ils expliquent notamment les ombres violemment bleues, vertes, etc., de certains peintres, et qui ont le don d'étonner le public. Ces couleurs sont très réelles, le peintre peut avoir bien vu.

Somme toute, en vertu du contraste simultané, le blanc répand sur son entourage du noir, le noir répand du blanc, et chaque couleur son complément. Cette « induction simultanée » est réciproque.

Hering admet que l'induction simultanée contribue à produire les fortes intensités dans les images négatives ; les teintes accidentelles seraient « inductrices » aussi bien que des teintes dues à une photo-réception actuelle.

La théorie psychologique, ou plutôt spiritualiste, des

phénomènes de contraste simultané, a trouvé son défenseur le plus marquant dans Helmholtz. Le point de vue opposé a été défendu par J. Plateau, puis par Aubert, Mach, Hering et d'autres.

La théorie spiritualiste n'admet pas seulement que la sensation provoquée par la vue de l'objet serait en réalité toujours la même, que le disque soit sur fond obscur ou sur fond clair; elle suppose de plus que dans l'un et l'autre cas, l'état fonctionnel, rétinien et nerveux, serait identique. Seul notre « jugement » sur cette clarté différerait d'un cas à l'autre, et de ce jugement dépendrait « l'idée » que nous nous faisons du gris ou de la couleur du disque. Helmholtz suppose notamment qu'en passant de l'expérience du disque gris sur fond blanc à celle du même disque sur fond noir, on ne se *souviendrait* plus suffisamment de la première sensation, ni de son identité avec la seconde. Il néglige de dire pourquoi ce manque de mémoire donne lieu toujours à une « erreur » dans le même sens. — D'ailleurs on écarte du débat le manque de mémoire, comme du reste tous les considérants de la théorie psychologique, en modifiant l'expérience de la manière suivante. On dispose une strie allongée de papier gris, moitié sur fond noir, moitié sur fond blanc; on voit alors très manifestement les deux effets *simultanément,* l'un à côté de l'autre. Il y aurait simultanément deux faux jugements sur des clartés objectives identiques et juxtaposées, et l'un dans le sens opposé à l'autre!

3° *Un ordre de faits qui paraissent être le contraire du contraste.* — Si on fixe longtemps une surface (ou un objet) à parties claires et obscures, on voit

peu à peu les parties claires s'assombrir et les noires s'éclaircir, le tout devenant plus ou moins gris. S'il s'agit de parties diversement colorées, les couleurs diminuent et tendent à se fondre en une teinte grisâtre uniforme. C'est là un cas d'induction lumineuse simultanée, mais moitié positive et moitié négative en quelque sorte. — On a mis ces phénomènes aussi sur le compte de la fatigue rétinienne, qui expliquerait notamment l'assombrissement des parties claires. Quant à l'éclaircissement simultané des parties obscures, de nouveau ce serait pour certains auteurs un phénomène de contraste, et de contraste spiritualiste, reposant sur une erreur de jugement.

Voici un passage curieux dans HELMHOLTZ[1]. «Lorsqu'une certaine couleur occupe la majeure partie du champ visuel, une nuance plus blanchâtre de ce ton nous paraît blanche, et le blanc véritable prend l'aspect complémentaire de la couleur en question. Ainsi la notion du blanc s'altère en nous. Or la sensation du blanc n'est pas une sensation simple; elle est composée, dans un rapport déterminé, des sensations des trois couleurs fondamentales.

Lorsqu'il s'agit de reconnaître une couleur donnée comme du blanc ou du non blanc, et si nous ne pouvons pas la comparer avec un autre blanc reconnu comme tel, il nous faut reconnaître la présence ou l'absence d'une altération dans les rapports des intensités des trois couleurs fondamentales qui y sont contenues. Mais, comme nous avons vu plus haut ... il peut se présenter des différences assez importantes dans ce que nous prenons pour du blanc.»

1. HELMHOLTZ, *Physiol. opt.*, 1867, p. 520 et suiv.

Remarquons d'abord que Helmholtz fait ici de la sensation blanche une sensation composée, ce qui est inadmissible. Bien artificiel aussi est ce qu'il dit de l'incertain qui règne sur ce que nous appelons blanc ou non blanc, c'est-à-dire coloré.

L' « erreur de jugement » ne tient pas devant la comparaison directe, lorsqu'on dispose une longue strie grise moitié sur fond d'une couleur et moitié sur fond d'une autre couleur.

Un phénomène curieux de contraste simultané est le suivant (Aubert). On diminue l'éclairage d'une chambre au point que les détails visuels n'y apparaissent plus que faiblement. Si alors on y fait jaillir une étincelle électrique unique et très faible, immédiatemeut disparaissent les détails ; le champ visuel s'obscurcit. Cette expérience démontre aux yeux des plus prévenus que le résultat sensoriel d'une photo-réception en un endroit rétinien est influencé par l'état (d'excitation ou de repos) du restant de la rétine. Et cela suppose que l'état fonctionnel, nerveux soit influencé, modifié lui aussi. — Un spiritualiste incorrigible ne se déclarera naturellement pas convaincu, malgré cette expérience. Mais alors nous lui demandons d'être conséquent jusqu'au bout, et d'envisager avec Newton l'existence même des images accidentelles comme un produit de notre imagination, ou, si on préfère, d'un faux jugement !

Il est intéressant de suivre dans l'expérience de plus haut la succession des phénomènes. Si l'une de deux surfaces juxtaposées est colorée, en rouge par exemple, le contraste simultané primaire appelle dans son voisinage la couleur complémentaire, c'est-à-dire le vert. Mais bientôt ce vert est remplacé par du rougeâtre, en même temps que la couleur inductrice diminue, comme si elle était mélangée de vert. La longue contemplation induit sur la couleur inductrice son complément, et dans son

voisinage la couleur inductrice elle-même. Et ces couleurs induites persistent quelque temps après disparition de la teinte inductrice rouge : l'endroit de celle-ci est vert : c'est l'image négative, entourée de l'auréole de la page 346.

LX. Résumé des divers faits de contraste ou d'induction lumineuse, montrant leur parenté intime. — Résumons sur un exemple très simple la succession des divers phénomènes de contraste ou d'induction lumineuse simultanée et successive. Soient une surface claire et une obscure juxtaposées. Au début de la fixation sur la limite entre les deux, le sombre paraît d'abord encore plus obscur, et le clair s'éclaircit encore : c'est le « contraste simultané » *sensu stricto*, qui surgit et disparaît instantanément avec la lumière inductrice. Si nous continuons la fixation, l'obscurcissement initial des parties obscures et l'éclaircissement initial des parties claires diminuent et font place aux états opposés : les parties obscures s'éclaircissent (aréole claire de la page 346) et les parties claires s'obscurcissent.

Si maintenant nous enlevons la surface, ou si nous fermons les yeux, l'éclaircissement de l'auréole persiste encore un certain temps — induction lumineuse successive —, et en même temps l'endroit de la surface claire de tout à l'heure paraît très noire. Ce noir est l'expression de l'obscurcissement de la phase précédente. Nous voilà à la phase de l'image négative. Avec un objet plus compliqué, les choses seraient identiquement les mêmes. — Avec une surface colorée, les phénomènes se reproduisent, sauf qu'à la place du blanc, nous mettons une couleur, et à la place du noir, le complément de la couleur inductrice.

Les images négatives ne résultent pas seulement de modifications rétiniennes à l'endroit préalablement éclairé, mais tout autant de modifications rétiniennes,

de processus physiologiques éveillés dans le voisinage de la partie éclairée (soit dans la rétine, soit dans une partie plus centrale de l'appareil nerveux visuel).

Pour nous, qui voyons dans les sensations des épiphénomènes psychiques de processus nerveux, pour nous qui croyons à un déterminisme physiologique des sensations visuelles, il ressort à l'évidence des faits d'induction lumineuse que l'état fonctionnel d'une zone rétinienne est influencé, non seulement par les états fonctionnels préalables de cet endroit rétinien, mais encore par l'état fonctionnel (simultané et antérieur) des parties rétiniennes voisines. — Ceci n'empêche pas qu'il y ait à partir des cônes et des bâtonnets une certaine conduction isolée des processus physiologiques vers le cerveau, telle qu'elle est exigée par le pouvoir de distinction de l'œil, par l'acuité visuelle. On pourrait, il est vrai, supposer que le déterminisme physiologique des phénomènes de contraste siège dans le cerveau, par exemple dans la rétine corticale. Mais rien ne nous oblige à nous prononcer dans un sens ou dans l'autre. — Rappelons aussi que les recherches récentes sur l'anatomie de la rétine (Ramon y Cajal) ont découvert dans les cellules rétiniennes « anacrymes » de nombreux liens nerveux suivant l'étendue de la rétine.

LXI. **Perception bi-oculaire des clartés et des couleurs.** — La perception lumineuse diffère-t-elle selon qu'une seule rétine ou les deux sont excitées. Déjà Jurin (1755) trouva qu'un objet vu bi-oculairement à une clarté de $\frac{1}{13}$ plus grande que s'il est vu avec un seul œil. Aubert et Valerius[1] confirmèrent le fait.

Si on regarde bi-oculairement un objet blanc, et si on

1. H. Valerius. *Bull. Acad. Belgique*, 1873, t. XXXIV.

vient à obscurcir un œil moyennant un verre obscur, l'objet paraît plus sombre que si on obscurcissait tout à fait cet œil. C'est là l'expérience « paradoxe » de FECHNER[1]. Elle a suscité toutes sortes d'explications, notamment celle d'un « faux jugement » (FECHNER, AUBERT).

Qu'arrive-t-il si on présente (par exemple dans le stéréoscope) à un œil une couleur, et à l'autre une autre couleur. Certaines gens voient dans ces conditions une seule couleur, conformément à la loi sur le mélange des couleurs. D'autres voient apparaître alternativement, tantôt l'une couleur tantôt l'autre. C'est ce qu'on nomme la « lutte entre les deux champs visuels ».

Lorsqu'un œil voit obscur à l'endroit où l'autre voit clair, il survient l'apparence de l'éclat métallique, du lustre.

Étant démontré, que l'état fonctionnel d'un endroit rétinien est influencé par l'état fonctionnel de la zone rétinienne voisine, on s'est demandé (A. CHARPENTIER et d'autres auteurs) s'il n'y avait pas un retentissement analogue d'un œil sur l'autre. La réponse a été en somme négative. Soit dit ici, cela parle contre l'opinion qui prétend que le déterminisme physiologique des divers faits de contraste, d'images négatives, etc., siège dans le cerveau, et non dans la rétine.

1. FECHNER. *C. R. Acad. Leipzig*, 1860, VII, p. 71.

BIBLIOGRAPHIE

Travaux sur la *vision chez les animaux*, plus spécialement consultés par nous. — Grant Allan. *The colour-sense, its origin and development.* London, 1879. — Abelsdorf. Action pupillo-motrice des différentes couleurs. *Arch. de Pflüger*, 1900. — Apathy. L'œil des Hirudinés. *Mittheilungen de la station zool. de Naples*, 1897, p. 495, et *C. R. Congrès zool. internat. Cambridge*, 1898. — Axenfeld (D.). Quelques observations sur la vue des Arthropodes. *Arch. ital. de biol.*, 1899. — Beer (Th.). L'accommodation dans la série animale. *Wien. klin. Wochenschr.*, 1898, n° 42 ; — Des organes visuels primitifs. *Ibid.*, 1901, n°s 11, 12 et 13. — Beer, Bethe et Uexküll. Projet d'une nomenclature nouvelle en biologie comparée. *Centralblatt f. Physiol.*, 1899, t. XIII, et *Biol. Centralbl.*, 1899, p. 517. — Bert (P.). Sur la question de savoir si tous les animaux voient les mêmes rayons lumineux que nous. *Arch. de physiol.*, 1869. — Bethe (A.). Die Psyche der Ameisen u. Bienen. *Arch. de Pflüger*, t. LXX, 1898 et t. LXXIX, 1900. V. Buttel. *Centralbl. f. Biol.*, 1900. — Chatin (J.). *De la chromatopsie chez les Batraciens, etc.*, 1881. — Dubois (R.). *Anat. et physiol. comparées de la Pholade dactyle.* Paris, 1892. — Engelmann. Die Purpurbacterien und ihre Beziehung zum Licht, in *Botan. Zeitung*, voir aussi *Arch. de Pflüger*, 1883, t. XXX. — Exner (S.). Ueber opt. Bewegungsempfindungen, in *Biol. Centralbl.*, 1888, VIII, n° 14 ; — *Die Physiol. d. facettierten Augen von*

Krebsen u. Insecten. Leipzig, 1891. — FABRE. *Souvenirs entomologiques*. Paris, 1879; — *Nouveaux souvenirs entomologiques*. Paris, 1882. — FOREL. Expériences et remarques critiques sur les sensations des Insectes. *Rivista di biologia generale*, Como, 1891, vol. III. Résumé des travaux antérieurs de l'auteur sur le même objet ; — Les fourmis de la Suisse. *Nouveaux Mém. Soc. Helvétique*. Zürich, 1874 : — Un aperçu de psychologie comparée. *L'Année psychologique*, 1896. — GOEPPERT. *Morphol. Jahrbuch*, 1892, XIX. — GRABER. *Helligkeits u. Farbensinn d. Thiere*. Prag., 1884 ; — Fundamental versuche über der Helligkeit u. Farbenempfindungen augenloser u. geblendeter Thiere. *Acad. Vienne*, 1883. — HESSE, in *Zeitschr. f. wissensch. Zool.*, 1896-1900, t. LXI-LXVIII. Mémoires successifs sur les yeux des Lombrics, des Plathelminthes, des Sangsues, de l'Amphioxus, des Annélides Polychètes. — HOLMES. Phototaxis in the Amphipoda. *Amer. Journ. of Physiol.*, 1901, t. V. — JANET. *Études sur les Fourmis, les Guêpes et les Abeilles*. Limoges, 1897. — LE DANTEC. La matière vivante. *Encyclop. sc. des Aide-Mémoire*. Paris, sans date. — LINDSAY (G.). *Comparative Anatomy of the mammalian eye*. London, 1901. — LOEB. *Der Heliotropismus der Thiere*. Würzburg, 1890; (Vision de Planaria torva). *Arch. de Pflüger*, t. LIV. — LUBBOCK. Les Fourmis, les Abeilles et les Guêpes *Bibliothèque scientif. internat.*, t. XLV, 1883. — MARSCHAL (P.). Le retour au nid chez le Pamphilus sericeus. *Soc. Biol.*, 1900, 52. — MARSCHAND (E.). Sur le retour au nid de Bembex rostrata. *Bull. sc. nat. Ouest*, 1900, 10. — METCALF. *De Eyes of Salpa*, 1893. — Herm. MUELLER. *Die Befruchtung der Blumen durch Insecten*, Leipzig, 1873. — NAGEL. Sens de lumière de mollusques anophtalmes, in *Biol. Centralbl.*, 1894 et 1896. — Experimente an Coelenteraten, in *Arch. de Pflüger*, 1894, t. LVII ; voir aussi *ibidem*, 1896. —*Der Lichsinn augenloser Thiere*. Iena, 1896. — F. PLATEAU. *Bull. Acad. roy. de Belgique*, 1887-1897 : Myriapodes, 1887, t. XIV, nos 9-10 ; Arachnides, 1887, t. XIV, no 11 ; Chenilles, 1888, t. XV, no 1 ; Insectes, 1888, t. XVI, no 11 ; 1896, t. XXXII, no 11 ; 1897, t. XXXIII, no 1 ; 1897, t. XXXIV, nos 9, 10

et II. — POUCHET. De l'influence de la lumière sur les larves de diptères, etc. *Revue et Magasin de zoologie*, 1872. — POUCHET et JOUBERT. La vision chez les Cirrhipèdes. *Soc. Biol.*, 1875. — RADL. *Untersuch. über d. Phototropismus d. Thiere*. Leipzig, 1903. — RANKE. Die Augen des Blutegels, *Zeitschr. f. wissenschr. Zool.*, 1875, t. XXV. — RÉAUMUR. *Mém pour servir à l'histoire des Insectes*, t. I, 1, p. 330. Amsterdam, 1748. — ROMANES. Animal Intelligence. *Internat. scientif. Series*. London, 1883, t. XLI; — *Nature*, 1886. — SACHS. Réaction pupillaire sous l'influence de diverses couleurs, *Arch. de Pflüger*, t. LII. — STAHL. Phototropisme des Euglènes. *Botan. Zeitung*, 1880, nº 24. — UEXKÜLL (VON). Physiol. comparée de l'âme animale. *Biol. Centralbl.*, 1900, XX, p. 497. — *Ergebnisse d. Physiol.*, 1802, II, p. 212. — Photo-réflexe sur les piquants, chez les Holothuries. *Zeitschr. f. Biol.*, 1901. — VERWORN. *Allgemeine Physiol.*, 1895. — VIALLANES (H.). L'œil composé des Arthropodes. *Ann. des Sc. nat.*, 7e série, Zool., t. XIII. — WASMANN. Nervenphysiologie u. Tierpsychologie, *Biol. Centralbl.* 1901, XXI, p. 23. — Vergleich. Psychol., etc., in *Biol. Centralbl.*, 1903, t. XXIII; — Die Psych. Fähigkeiten der Ameisen. *Zoologica*, f. 26. Stuttgart, *E. Nägeli* 1899. — WILLEM (V.). De la vision chez les Mollusques Gastropodes pulmonés, in *Arch. de biol.*, 1892, t. XII, p. 57. — LE MÊME. Sur les perceptions dermatoptiques, in *Bull. scientif., etc., de Giard*, 1891, t. XXIII. — ZIEGLER. Pigeons voyageurs. *Zool. Jahrb.*, 1897, p. 99; — Psychologie animale. *Biol. Centralbl.*, 1900, t. XX, p. 497.

Travaux sur la *vision chez l'homme*.

ARAGO. — *Astronomie populaire*. Paris, 1857.

AUBERT. — *Physiologie der Netzhaut*. Breslau, 1865.

LE MÊME. La vision, *Handb. de Graefe et Saemisch*, 1876, II, f. 2, p. 652-670.

BAIN. — *The senses and the intellect*, 2e édit.

BERKELEY. — *New Theory of Vision*, 1709, section 79.
BOLL. — Pourpre rétinien. *Monatsber. d. Berliner Acad.*, 12 nov. 1876 et *Acad. d. Lincei*, 3 déc. 1876.
BONNIER (P.). — *L'Audition*, Paris, Oct. Doin, 1901.
BOUGUER. — *Traité d'optique, etc.*, publié par Lacaille. Paris, 1760.
BRUECKE (E.). — Mouvem. ocul. et vision du relief. *Arch. f. Anat. u. Physiol.*, 1841, p. 459. Voir aussi *Vorlesungen über Physiologie*, Wien, 1876, II, p. 114 et suiv.
CHARPENTIER (Aug.). — *La lumière et les couleurs*, 1888. Paris, Baillière et fils.
CHEVREUIL. — *Mém. de l'Institut*, 1832.
CONDILLAC. — *Traité des sensations*, 1754.
CONHEIM (O.). — Rapport sur des travaux de Pawlow. *Münchener med. Wochenschr.*, 1902.
CUIGNET. — De la vision chez le tout jeune enfant. *Ann. d'ocul.*, 1871, p. 117.
DALTON. — *Edinburgh Journ. of Science*, 1831, July, p. 97.
DELBŒUF (J.). — Étude psychophysique. *Mém. Acad. roy. Belgique*, 1872, XXIII.
LE MÊME. — Note sur cert. illusions d'optique. *Bull. Acad. roy. Belgique*, 2e série, XIX, p. 9.
DOBROWOLSKY. — *Arch. f. Ophthalm.*, 1872, XVIII, 1, p. 74.
DONDERS. — Micropsie en cas de parésie de l'accommodation. *Nederl. Lancet*, 1850, p. 607; C. R. du XVIIIe Congrès internat. d'ophtalm., *Klin. Monatsbl. f. Augenheilk.*, 1886, p. 82.
LE MÊME. — Vision binoculaire. *Arch. f. Ophthalm.*, 1871, XVII, p. 16.
LE MÊME (avec MULDER). — Torsion de l'œil. *Arch. f. Ophthalm.*, 1875, XXI, 1, p. 68.
DOWE. — *C. R. Acad. Berlin*, 1841, p. 251.
EINTHOVEN. — *Arch. f. Ophthalm.*, 1885, XXXI, 3, p. 220.
EXNER (S.). — Sensations de mouvement. *Biol. Centralbl.*, 1888, VIII, no 14.
LE MÊME. — *Entwurf einer physiol. Erklärung d. psych. Erskeinungen*. Leipzig, 1894.
FECHNER. — *Elemente der Psychophysik*. Leipzig, 1860.

FEILCHENFELD. — Ueber Grössenschätzung im Sehfeld. *Arch. f. Ophthalm.*, 1901, t. LIII, p. 401.
FÉRÉ. — *Sensation et Mouvement*. Paris, 2e édit., 1900.
FICK. — *Zeitschr. f. ration. Medizin*, 1854, IV, p. 101.
FROMAGET et BORDIER. — Études sur l'acuité vis. et l'accom. *Arch. d'Ophtalm.* Paris, Steinheil, 1897, p. 601.
GEIGER, LAZARUS. — Développement historique du sens chromatique. *Zur Entwicklungsgeschichte der Menschheit.* Stuttgart, 1871, p. 56.
GLEY. — Motricité des idées. *C. R. Soc. biol.*, 1884, p. 450.
HEINE. — Perception du relief. *Arch. f. Ophthalm.*, 1899, LI, f. 1.
HELMHOLTZ. — *Physiologie optique*, 2e édit. Paris, 1896.
HERING (E.). — *Zur Lehre vom Lichtsinne*. Wien, 1878.
L'article Vision de l'espace, dans le *Hanbd. d. Physiol. de Hermann*, 1879, III, p. 343.
HERZEN. — *Physiologie de la volonté*. Paris, Germer-Baillière, 1874.
HOLMGREN. — Daltonisme monoculaire. *Centralbl. f. d. mediz. Wissench.* Berlin, 1880, pp. 898 et 913.
HUECK. — *Die Achsendrehung d. Auges*. Dorpat, 1838.
JAMES (W.). — *The principles of Psychology*. London, 1890. — *La théorie de l'émotion*. Paris, Félix Alcan, 1903.
JASTROW. — Motricité des idées. *Amer. Journ. of Psychol.*, 1892, IV, p. 398.
JAVAL. — *Manuel du strabisme*. Paris, G. Masson, 1896, p. 28.
LE MÊME. — Torsions de l'œil. *Études ophthalm. de Wecker*, 1866, II, p. 815.
IWANOFF. — Le muscle ciliaire dans les différents états de réfraction, *Arch. f. Ophthalm.* 1869, XV, 3, p. 284.
KŒNIG (A.). — *C. R. Acad. Berlin*, 1894.
KOSTER (W.). — Vision bi-ocul. *Arch. f. Ophthalm*, 1896, XLII, 3, p. 137.
VON KRIES. — *Abhandl. zur Physiol. d. Gesichtsempfindungen*, 1897.
KUEHNE. — L'article rétine. *Hanbd. d. Physiol. de Hermann*, 1879, III, pp. 335-342.
LAMANSKY. — *Arch. f. Ophthalm.*, 1871, XVII, 1, p. 123.
LANGE (C.). — *Ueber Gemüthbewegungen*. Leipzig, 1887.

LEROY. — De l'irradiation. *Arch. d'ophtalm.* Paris, Steinheil, 1882 et 1883.

LISTING. — Loi de L., *Lehrbuch der Ophthalmologie von Ruete*, 1857.

LOCKE. — *Essay concerning human understanding*, 1709, II, cap. 9, § 8.

LOTZE. — *Mediz. Psychologie*. Leipzig, 1852.

MACH. — *C. R. Acad. Vienne*, 1861, XLIII, 2, p. 215.

MAGNUS. — *Die geschichtl. Entwickelung d. Farbensinnes*. Leipzig, 1877.

MANDELSTAMM. — Physiol. des couleurs. *Arch. f. Ophthalm.* 1867, XIII, 2, p. 399.

MASSON. — *Ann. de chimie et de physique*, 1845, p. 150.

MAUDSLEY. — *Physiologie de l'esprit*, chap. VII (Volonté). Trad. franç. par Herzen. Paris, Reinwald, 1879.

MAUTHNER. — Visibilité de points. *Die opt. Fehler d. Auges*. Wien, 1872, p. 125.

MUELLER (J.). — *Zur vergleichenden Physiol. d. Gesichsinns*. Leipzig, 1826.

LE MÊME. — *Handb. d. Physiol. d. Menschen*. Coblenz, 1840, II.

MULDER. — Torsion de l'œil. *Arch. f. Ophthalm.*, 1875, XXI, 1, p. 68.

NUEL (J.-P.) — L'amblyopie alcoolique et le daltonisme. *Bull. Acad. roy. Méd. de Belgique*, 1878, XII, n° 7. — De l'unité photo-réceptive de la rétine, *Arch. de Biol.*, 1884. — *Ann. d'Ocul.*, mars-avril 1884. Voir aussi l'article « Acuité visuelle », *Dictionn. de Physiol.* de Ch. Richet. Paris, Félix Alcan, 1895, t. I, p. 135.

PARINAUD (H.). — *La vision*. Paris, Oct. Doin, 1898.

PAULHAN (Fr.). — *La volonté*. Paris, Oct. Doin, 1903.

PAWLOW. — *Le travail des glandes digestives*. Paris, Masson, 1901.

PERGENS. — Changements chimiques fonctionnels de la rétine, *Bull. Acad. roy. Méd. de Belgique*, 1896.

PLATEAU (J.). — Images accidentelles. *Ann. de chimie et de physique*, LIII, p. 386.

LE MÊME. — Spirale de Pl. *Paggendorf's Annalen*, t. LXXX, p. 289.

PORTERFIELD. — *Treatise on the eye*, 1759, II, p. 285.
PREYER. — *L'âme de l'enfant*, trad. franç. par de Varigny. Paris, Alcan, 1887.
PURKINJE (Phénomène de P.). — *Zur Physiologie der Sinne*, 1825, II, p. 109.
REDDINGIUS. — *Das sensumotorische Schwerkzeug*. Leipzig, 1898.
RIBOT. — *Les maladies de la volonté*, 5e édit. Paris, 1885.
RICHET (Ch.). — Les réflexes psychiques. *Revue philosophique*, 1888, I.
LE MÊME. — Motricité des idées. *C. R. Soc. biol.*, 1884, p. 565.
RICIO, ANNIBALE. — *Annali d'Ottalm.*, 1877.
SCHLODTMANN. — Localisation visuelle chez les aveugles. *Arch. f. Ophthalm.*, 1902, LIV, p. 256.
SCHOEN. — Vision avec des points rétiniens disparates. *Arch. f. Ophthalm*, 1876, XXII, 4, p. 36.
SCHULTZE (Max). — Zur Anat. u. Physiol. d. Netzhaut. *Arch. f. mikr. Anat.*, 1866, II, p. 165; 1871, VII, p. 244; 1867, III, p. 215.
SHERRINGTON. — The muscular sense. *Text Book of Physiology, by Schaeffer*. London, 1900, II, p. 1002.
SERGI (G.). — *Les émotions*. Paris, Octave Doin, 1901.
STUART MILL. — *Syst. de logique*, 3e édit., trad. franç., 1889.
TUCKER. — Motricité des idées. *Amer. Journ. of Psychol.*, 1892, IV, p. 398.
VALERIUS (H.). — *Bull. Acad. roy. Belgique*, 1873, t. XXXIV.
VARIGNY (DE). — Motricité des idées. *C. R. Soc. biol.*, 1884, p. 381.
VOLKMANN (A.-W.). — *Beiträge z. Physiol. des Gesichtsinns*. Leipzig, 1836; — *Physiol. Untersuch. im Gebiete der Optik*. Leipzig, 1863.
WEBER (E.-H.). — *R. Wagner's Wörterbuch d. Physiol.*, 1851, p. 559; — *Verh. d. sächs. Ges.*, 1852, p. 138.
WEINHOLD (M.). — Vision à l'aide de points rétiniens à disparation (incongruence) longitudinale. *Arch. f. Ophthalm.*, 1902, LIV, p. 201.
WOINOW. — Sensibilité différentielle pour les couleurs. *Arch. f. Ophthalm.* 1870, XVI, 1, p. 256.

WOODWORTH (R.-S.). — *Le mouvement*. Paris, Oct. Doin, 1903.
WUNDT (W.). — *Grundzüge d. physiol. Psychologie*. Leipzig, 1880, 2e édit.
ZOELLNER (F.). — Illusions d'optique. *Poggendorf's Annalen*, 1860, CX, 844 ; 1861, CXIV, p. 587.

TABLE ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

L

M

N

O

P

Q

R

Y

TABLE DES MATIÈRES

Pages.

Ire partie : La Vision chez les Animaux.

Introduction

IIe partie : La Vision chez l'Homme.

